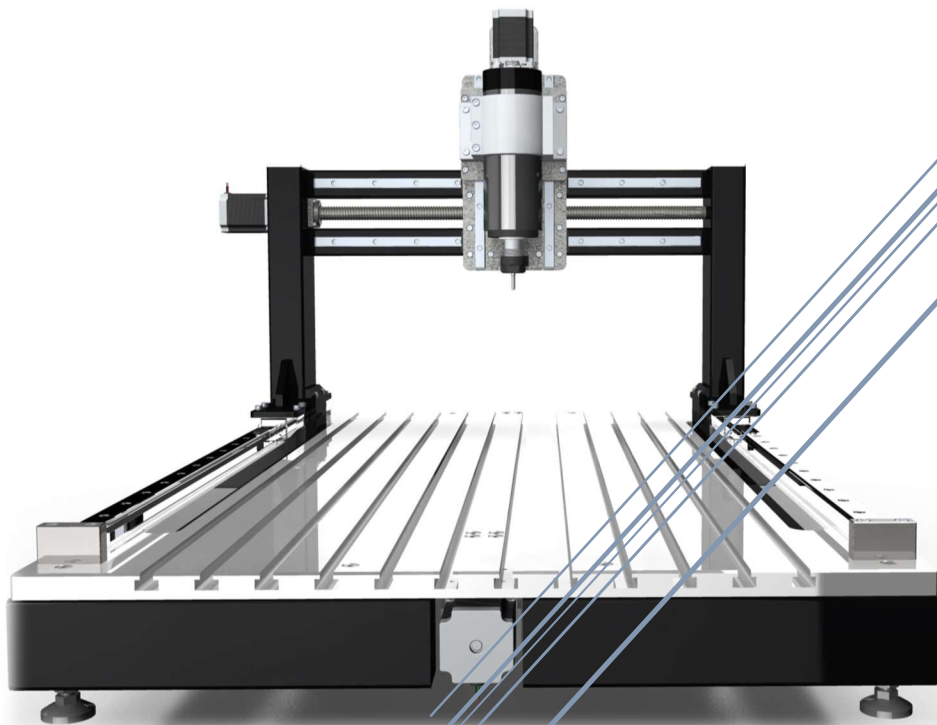


# REDISSENY D'UNA MÀQUINA C.N.C. DOMÈSTICA

Projecte final de Grau



*Autor: Josep Devesa Pérez*

*Director: Dr. Joan Antoni López Martínez*

*Data: 11/05/18*

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa EPSEM  
Enginyeria Mecànica



## Agraïments

*Voldria aprofitar en aquest petit fragment per agrair a totes les persones que m'han ajudat durant tots aquests anys, des de professors fins a familiars, a cursar el grau en Enginyeria Mecànica a la Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa.*

*En primer lloc agrair al professor Joan Antoni López Martínez, que m'ha donat suport en tot moment, perquè aquest projecte es dugui a terme i durant tots els anys que he estat cursant el grau en enginyeria,*

*Per altre banda voldria agrair també, a la empresa Ingimec Ingeniería S.L., en la qual estic treballant actualment, per tots els coneixements addicionals que estic adquirint, per la formació de disseny de maquinària industrial, per la seva paciència i dedicació envers a mi i per deixar-me que fora d'hores laborals pugui estar redactant aquest projecte en les seves instal·lacions i aprofitant les llicències de software que ells disposen.*

*Finalment a tota la meva família, especialment als meus pares i al meu germà gran, que m'han fet costat en temps bons com dolents, i també donar gràcies a tots els companys de classe que m'han acompanyat durant tot el camí i per la seva col·laboració en donar-me suport per finalitzar aquesta carrera universitària.*

*Josep Devesa Pérez*

## *Resum del projecte*

El Projecte present té com a finalitat indicar al lector una de les moltes maneres que hi ha de fer un redisseny propi de una màquina C.N.C., de manera que tot el material utilitzat o com a mínim una gran part es pugui adquirir de manera fàcil i amb preus raonables.

Un els objectius principals d'aquest projecte és que la màquina garanteixi una certa precisió per així poder assolir reptes de fabricació més ambiciosos.

Per altre banda les mides que es dissenya aquesta màquina en el projecte són totalment variables depenent del propòsit que vulgui assolir l'usuari.

També cal destacar que, aquest projecte està enfocat en un desenvolupament mecànic, per tant tota la part electrònica i de programació s'ha optat per implementar sistemes ja prèviament programats que es poden comprar en tendes online.

En la primera part del projecte s'introdueix al lector en el món de les fresadores industrials, per així donar a conèixer a l'usuari una breu informació que ajudarà al lector a comprendre més be alguns dels conceptes esmentats en el treball.

A continuació es redacta una mica el mercat actual que hi ha de màquines C.N.C. per donar a conèixer quina tipologia de productes es poden comprar i així poder ajudar al lector a obrir la seva creativitat per desenvolupar un disseny apropiat.

Hi ha una apartat on es mostra tota la part de càlcul que és necessària per fer un bon disseny i poder optimitzar-lo al màxim i per tan poder reduir el preu final de la màquina.

Seguidament hi ha una secció on es determina el material més important que l'autor ha escollit per realitzar aquest projecte.

Inclou també un punt on es fa un estudi econòmic detallat del projecte, on incorpora tot el preu de materials, tan de fabricació com comercial i una estimació d'hores de treball.

Es presenta un especejament de tots els plànols de les peces de fabricació que hi ha en el disseny plantejat, amb un breu manual de funcionament de la màquina.

Finalment es fa una pinzellada de la implicació mediambiental que comporta aquest projecte i una aportació física del estudiant que ha realitzat el projecte.

A les ultimes pàgines del projecte inclou una bibliografia on s'indica totes les fonts d'informació que s'ha emprat per realitzar aquest treball.

## Abstract

The purpose of the current project is to indicate to the reader one of the many ways to do a redesign of a C.N.C machine. In addition, all the material used or at least a large part can be purchased easily and with reasonable prices.

On the one hand, one of the main objectives of this plan is that the machine guarantees certain accuracy in order to achieve more ambitious manufacturing challenges. On the other hand, the measures that this machine designs in the project are totally variable depending on the purpose the user wishes to achieve.

It should also be noted that this project is focused on mechanical development; therefore the entire electronic and programming part has been chosen to apply previously programmed systems that can be purchased in stores online.

Firstly, the reader is introduced to the industrial milling machines world. It is done in order to inform the user about a brief amount of information that could help the lector to understand some of the concepts mentioned in the work.

Below, there is a little text about the current market of C.N.C machines. Its purpose is to teach what type of products can be purchased and thus to help the reader to open its creativity to develop an appropriate design.

Furthermore, there is a section that shows all the calculation part that is necessary to make a good design and to optimize the machine to the maximum. In this manner, it will be able to reduce the final price of the machine.

Next, there is a section where the most important material chosen by the author to carry out this project is mentioned.

It also includes a point where a detailed economic study of the project is made, which incorporates the price of materials of both manufacturing and commercial and an estimate of working hours.

There is a detachment of all the plans of the manufacturing parts that are in the designed design, with a brief operating manual of the machine.

Finally, there is a glimpse of the environmental implication of this project and a physical contribution of the student who carried out the project.

The last pages of the work plan include a bibliography indicating all the sources of information that has been used to carry out this draft.



# Índex

## Contenido

1. Objectius que es pretenen assolir .....	11
2. Finalitat del projecte .....	12
3. Antecedents existents .....	14
• Evolució en el temps de les fresadores convencionals .....	14
• Parts principals d'una fresadora convencional .....	16
• Introducció en el món del control numèric .....	19
• Sistemes de disseny i fabricació CAD/CAM .....	24
4. Viabilitat .....	26
• Fresadores C.N.C en el mercat .....	27
• Viabilitat comercial de maquinària .....	31
5. Càlculs dels sistemes mecànics .....	41
• Moviments axials .....	44
• Motor principal .....	61
• Patins guia .....	63
6. Justificació de l'elecció de la solució adaptada .....	71
7. Estudi econòmic i pressupost amb el corresponent desglossament d'amidaments, preus e import total. ....	85
• Pressupost .....	86
• Cronograma .....	90
8. Condicions per a la seva execució .....	92
9. Anàlisi de les implicacions ambientals .....	93
10. Aportació física .....	95
11. Conclusions obtingudes del treball realitzat .....	98
12. Futurs desenvolupaments del projecte .....	99
13. Webgrafia consultada. ....	100
14. Annexos .....	103

## Índex de il·lustracions

Il·lustració 1: Esbós de la fresadora.....	11
Il·lustració 2: Fresadora X-Carve. ....	12
Il·lustració 3: Primera màquina de fresat construïda per Eli Witney el 1818. ....	14
Il·lustració 4: Nou disseny de la fresadora convencional fet per Pierre Huré el 1874. ....	15
Il·lustració 5: Parts més comunes que incorpora una fresadora convencional. ....	16
Il·lustració 6: Fresadora domestica amb les parts principals que la dividirem en el projecte. ....	18
Il·lustració 7: Primera fresadora controlada per un ordinador.....	19
Il·lustració 8: Programa on es mostra la creació del G-Code. ....	21
Il·lustració 9: Software MasterCAM en funcionament. ....	23
Il·lustració 10: Software CAD 3D SolidWorks .....	24
Il·lustració 11: Software CAD 2D AutoCAD.....	24
Il·lustració 12: Software CAM SolidCAM .....	24
Il·lustració 13: Il·lustració representativa de la viabilitat de un projecte, .....	26
Il·lustració 14: Fresadora Milling Machine RaptorX-SL XYZ Table.....	27
Il·lustració 15: Fresadora High-Z T-Series CNC Router. ....	28
Il·lustració 16: Microfresadora MF70/CNC. ....	29
Il·lustració 17: Fresadora MDX-50.....	29
Il·lustració 18: Fresadora X-Carve. ....	30
Il·lustració 19: Logotip del Software CATIA. ....	33
Il·lustració 20: Logotip Software SolidWorks. ....	34
Il·lustració 21: Logotip Software NX Siemens. ....	35
Il·lustració 22: Logotip Software PTC Creo.....	36
Il·lustració 23: Logotip software Autodesk inventor.....	37
Il·lustració 24: Logotip Software FreeCAD. ....	38
Il·lustració 25: Logotip software MasterCAM. ....	39
Il·lustració 26: Logotip Software Cut3D. ....	40
Il·lustració 27: Renderitzat de una rosca EFM amb el seu cargol sense fi .....	50
Il·lustració 28: Il·lustració de mostra de patins guia amb la guia lineal .....	63
Il·lustració 29: patí de la marca Parker Origa .....	64
Il·lustració 30: Diagrama d forces que actuen en la estructura plantejada .....	67
Il·lustració 31: Patins guia amb guia lineal de la marca HIWIN.....	68
Il·lustració 32: Esquema general de les connexions del sistema .....	71
Il·lustració 33: Ordenador de sobre taula .....	72
Il·lustració 34: WiXHC - Mach 3 Motion Card.....	73
Il·lustració 35: Motor AC .....	74
Il·lustració 36: Motors universal.....	75
Il·lustració 37: Motor asíncron .....	75
Il·lustració 38: Motor síncron .....	76
Il·lustració 39: Motor per fresadora.....	76
Il·lustració 40: Variador de potencia .....	77
Il·lustració 41: Driver TB6600 .....	78
Il·lustració 42: Servo Motor seccionat .....	79
Il·lustració 43: Parts de un motor pas a pas.....	80
Il·lustració 44: Esquema principal del funcionament de un motor pas a pas .....	80
Il·lustració 45: Tipus de motors pas a pas .....	81
Il·lustració 46: Motor NEMA 23.....	82



Il·lustració 47: Font d'alimentació lineal de 24 V .....	83
Il·lustració 48: Il·lustració representativa del estudi econòmic .....	85
Il·lustració 49: Portada del Manual de la màquina .....	92
Il·lustració 50: il·lustració representativa del anàlisi de les implicacions ambientals .....	93
Il·lustració 51: Vista isomètrica del disseny plantejat en aquest projecte.....	95
Il·lustració 52: vista isomètrica del conjunt 100 de la fresadora .....	96
Il·lustració 53: vista isomètrica del conjunt 200 de la fresadora .....	96
Il·lustració 54: Vista isomètrica del conjunt 300 .....	97

## Índex de taules

Taula 1: Funcions G .....	22
Taula 2: Funcions M .....	22
Taula 3: Característiques mecàniques del material segons el seu fabricant .....	42
Taula 4: Característiques mecàniques del material segons el seu fabricant .....	43
Taula 5: Catàleg de rosques EFM. ....	46
Taula 6: Factors PV .....	47
Taula 7: Catàleg de cargols sense fi per les rosques EFM .....	50
Taula 8: Catàleg de cargols sense fi per les rosques EFM .....	51
Taula 9: Taula de velocitats crítiques teòriques.....	52
Taula 10: Taula de factors de correcció segons el disseny estructural de l'eix.....	53
Taula 11: Taula per trobar els factors de correcció .....	53
Taula 12: Taula per determinar la força teòrica crítica de flexió .....	55
Taula 13: Taula per escollir el factor de correcció .....	56
Taula 14: Força específica de tall .....	62
Taula 15: Catàleg de patins de la marca Parker Origa .....	65
Taula 16: Catàleg de patins de la marca Parker Origa .....	66
Taula 17: Catàleg de patins guia de la marca HIWIN .....	69
Taula 18: Catàleg de patins guia de la marca HIWIN .....	70
Taula 19: Característiques físiques dels diferents motors NEMA que hi ha .....	83

## Índex de d'equacions

Equació 1: Força d'avanç.....	44
Equació 2: Superfície de contacte .....	45
Equació 3: Diàmetre primitiu .....	46
Equació 4: Velocitat lineal màxima .....	47
Equació 5: Velocitat màxima de rotació.....	48
Equació 6: Velocitat lineal d'avanç.....	48
Equació 7: Velocitat màxima de rotació.....	52
Equació 8: Factor de correcció .....	53
Equació 9: Força màxima axial .....	55
Equació 10: Parell necessari que s'ha de aplicar en el cargol sense fi .....	57
Equació 11: Rendiment del sistema .....	57
Equació 12: Moment d'acceleració.....	58

Equació 13: Moment d'inèrcia .....	58
Equació 14: Acceleració angular .....	58
Equació 15: Divisió de pols.....	60
Equació 16: Error d'avanç.....	60
Equació 17: Potència de tall .....	61
Equació 18: Potència de tall neta.....	62
Equació 19: Moment creat per les forces aplicades .....	67
Equació 20: Reaccions resultants .....	67

## Objectius que es pretenen assolir

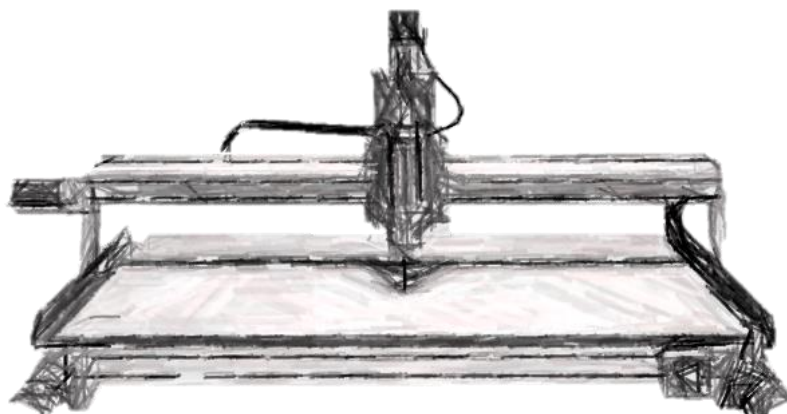
L'objectiu d'aquest treball ha estat enfocat en realitzar un disseny basat en un model estàndard comercial d'una màquina de C.N.C. ( control numèric computacional) el qual implicarà una recerca de diferents tipologies de màquines de C.N.C. i a partir dels resultats cercats s'iniciarà un nou disseny per poder millorar l'estructura d'aquest producte implicarà també una realització de plànols de l'estructura i una part de càlculs dels mecanismes per garantir que la darrera màquina compleix els objectius proposats.

Els objectius que la màquina haurà de complir serà poder treballar diferents materials amb una duresa aproximada a la de l'alumini 6061 o inferiors, tenir una estructura suficientment robusta per tal de que la precisió de la màquina arribi fins a les dècimes de mil·límetre, això permetrà a l'usuari poder fabricar peces amb una qualitat bastant elevada comparada amb les fresadores domèstiques de mercat.

Tot i així aquest projecte no està enfocat per realitzar una màquina per comercialitzar, sinó mostrar al lector de com pot dissenyar i crear la seva pròpia fresadora C.N.C. garantint una certa qualitat.

Aquest màquina haurà de poder treballar amb una entrada de corrent domèstica, 230 vols, ja que així qualsevol que vulgui portar a terme aquest projecte pugui ser capaç de fer-la funcionar sense cap problema. Serà també important que s'estableixi un mínim de seguretat a la màquina, tot i que al no ser un producte que s'arribi ha comercialitzar no necessitarà complir cap llei específica de seguretat de màquines, però si complir un mínim el qual es determinarà més endavant. Per poder realitzar la construcció del projecte en qüestió, s'intentarà que una gran part dels components és puguin comprar fàcilment, a nivell de usuari, tot i que, la part de muntatge de la màquina o preparació de peces és necessitarà contactar amb un taller de mecanització o similar.

D'altre banda, també és important que la relació qualitat-preu sigui equivalent, ja que actualment el mercat d'aquestes fresadores està molt ben preparat i enfocat a l'objectiu del client, però el preus són molt elevats.



*Il·lustració 1: Esbós de la fresadora*

*[<http://www.probotix.com/>, 22 de setembre del 2017]*

## Finalitat del projecte

La finalitat d'aquest projecte és: aconseguir el disseny nou d'una fresadora que compleixi, amb un tant per cent elevat, els objectius plantejats anteriorment.

Aquest disseny serà realitzar a partir del programa de disseny en 3D PTC Creo 2 Paramètric, el qual serà adquirit a partir de la llicència d'estudiant d'aquest que posseeix la UPC, igual que s'utilitzarà el programa de disseny en 2 dimensions AutoCAD per realitzar l'esquema elèctric del projecte, la part de càlculs serà realitzada a partir del software de càlcul Maple 2015.

El projecte és enfocat per tot aquell usuari que estigui interessat en la mecanització automatitzada de peces amb una duresa quasi semblant a la de l'alumini més comú en el mercat.

El alumini 6061, és un material molt utilitzat en el àmbit industrial, el qual es característic per la seves propietats mecàniques, facilitat de mecanització, apropiat per la creació de motllos, utilitatges, peces per maquinària, entre d'altres.

També comentar que, dins del món de les màquines C.N.C. no només existeixen les fresadores, sinó que una altre màquina la qual també esta dominant el mercat en la indústria, és el torn, però en aquest projecte s'ha escollit la fresadora perquè moltes de les peces amb formes no cilíndriques de les quals es pot arribar a imaginar, es poden realitzar a partir d'una fresadora, per tant s'enfocarà el projecte en la màquina de fresat.

Dins del desenvolupament i disseny mecànic és important marcar des de un inici l'objectiu el qual es vol aconseguir, per poder desenvolupar un nou disseny, amb els mateixos fonaments que les fresadores convencionals. Aquest projecte s'ha volgut agafar com a orientador del projecte la fresadora comercial X-Carve. Aquesta fresadora, mecànicament, te un disseny molt senzill, però compleix amb els objectius que es vol arribar en aquest treball.



*Il·lustració 2: Fresadora X-Carve.*

*[<http://x-carve-instructions.inventables.com/xcarve2015/>, 23 de setembre del 2017]*

En aquest cas com que es vol tractar materials amb una densitat elevada, el disseny és molt probable que sigui diferent per poder augmentar la rigidesa de l'estructura. D'altra banda les mides de treball aproximades que es pretenen assolir en aquest projecte són les següents: 1000 mm de llargada (en el eix de les X), 600 mm d'amplada (en el eix de les Y) i 200 mm d'altura (en el eix de la Z), aquestes mides, com bé es pot entendre, poden

anar variant al llarg del projecte ja que s'aniran modificant depenent dels càlculs realitzats i el disseny fet a posteriori. Aquestes mides s'han escollit perquè aquest producte sigui a mida, per poder muntar-lo a sobre d'una taula de treball o alguna superfície similar. Un dels factors a tenir en compte, serà el pes de la màquina ja que una gran quantitat de les peces seran de ferro per així evitar la seva flexibilitat i garantir la precisió, això pot arribar a augmentar molt el pes de la fresa.

Per la part elèctrica i electrònica de la màquina es buscarà sistemes fàcils de muntar i que la integració del la programació ja vingui preestablerta per una CPU comercial, amb la finalitat d'enfocar tota l'atenció en el redisseny de la màquina. Aquesta part del projecte pot ser que encareixi una mica el preu, ja alguns dels pacs electrònics per realitzar una fresadora C.N.C. que hi ha en el mercat poden arribar a tenir preus elevats.

Dins d'aquest projecte també constarà un apartat de pressupost, on es farà un recompte de tot el material utilitzat, per la fabricació d'aquesta fresa, incloent-hi complements com poden ser les broques, eina de subjecció de la broca, tot el material elèctric, tot el material mecànic, entre d'altres. A la hora de escollir el material de compra s'intentarà buscar productes de qualitat de preu baix o preu raonable els quals puguin adquirir un usuari qualsevol. Tot i així la suma total dels preus pot també arribar a ser elevat, ja que molts dels materials elèctrics i mecànics de precisió són costosos de fabricar.

Aquest treball també incorporarà un apartat de càlculs, els quals intentaran verificar que els components escollits en l'apartat de pressupostos, compleixen la seva funció i a més a més arribem a assolir els objectius de poder fresar els materials escollits prèviament.

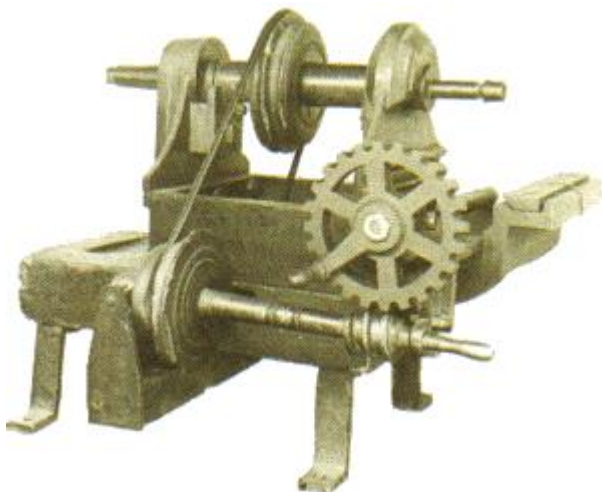
A més a més seguidament es farà una introducció al món de la maquinària i el control numèric on es podrà veure un breu repàs de la història d'aquest producte.

## Antecedents existents

Per poder introduir el proper treball, és necessari tenir uns coneixements bàsics els quals seran útils per poder entendre la gran utilitat que pot arribar a proporcionar un projecte com aquest.

### Evolució en el temps de les fresadores convencionals

Com molta part de la maquinària industrial s'ha desenvolupat arrel d'una necessitat inicialment militar, aquest producte, la fresadora, no es desvia d'aquest patró, l'origen d'aquesta màquina es remunta el 1798 quan el govern d'Estats Units demana la construcció d'armes assignant aquesta tasca al inventor Eli Whitney.



*Il·lustració 3: Primera màquina de fresat construïda per Eli Whitney el 1818.*

*[<http://almadeherrero.blogspot.com.es/2011/04/maquinas-herramientas.html>, 25 de setembre del 2017]*

En aquella època totes les armes de foc eren fabricades artesanalment i això comportava que una gran quantitat de peces de cada model no eren intercanviables entre altres models, és a dir, cada arma que feien era única, el senyor Whitney va voler establir una tipologia de peces estàndards, per així poder intercanviar peces entre model i model, aquesta nova idea va comportar que tingués que dissenyar un nou producte on totes les peces dissenyades seguien una plantilla (el que ara anomenem plànol) que havia creat ell prèviament. Però en aquella època el ferro era tractat manualment i era molt difícil aconseguir una certa precisió. Per tant va haver de reinventar les eines les quals tallaven els metalls.

A partir d'aquest fet, l'inventor, l'any 1818 va crear la primera fresadora la qual permetia realitzar les peces que ell havia dissenyat i a més a més el procés de fabricació acabava sent molt més alleugerit.

Aquesta fresadora no funcionava precisament tal i com coneixem el funcionament actual, sinó que intentava imitar el moviment que feien els ferrers amb l'eina per tallar el ferro. La roda dentada de la màquina semblant a un engranatge era l'eina que tallava el ferro i al fer rodar la roda produïa uns cops uniformes que facilitava el tall constant del ferro. Per poder realitzar la peça necessària, es fixava el ferro a la taula de la màquina i a sobre del ferro es fixava la plantilla la qual després es resseguia amb l'eina semi automatitzada (la roda amb puntes).

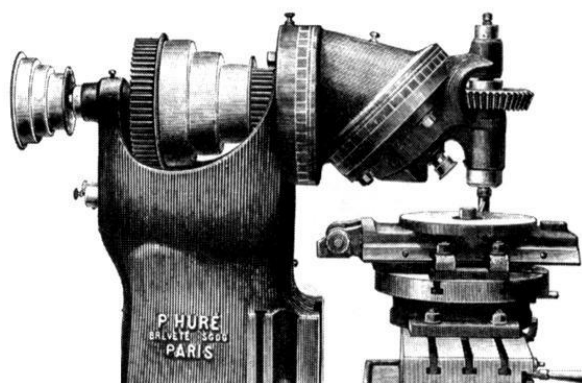
En l'any 1830 l'empresa Gay & Silve va fabricar un segon model de fresadora el qual incorporava un sistema de regulació vertical acompanyat per un suport pel porta eines.

Poc anys després en el 1848 l'empresa Robbins & Lawrence amb l'ajuda del enginyer Frederick. W. Howe, van començar a fabricar la primera fresadora universal la qual incorporava un sistema de copiat de perfils.

En el mateix temps a mitjans del segle XIX van començar a sorgir diferents variants de fresadores fetes per diferents fabricants del món, les quals treballaven la peça verticalment.

L'any 1853 Brown & Sharpe va construir la primera fresadora universal la qual estava equipada amb un plat divisor que permetia fabricar més fàcilment peces de diferents tipus.

Més endavant, en l'any 1874 després de que molta gent hagués millorat aquesta màquina, el francès Pierre Huré va innovar amb una fresadora la qual incorporava doble cargol sense fi en posició vertical i horitzontal que es movien a partir de dues palanques manuals, aquest sistema permetia moure la posició de la peça per poder treballar en diferents localitzacions.



*Il·lustració 4: Nou disseny de la fresadora convencional fet per Pierre Huré el 1874.*

*[<http://www.lathes.co.uk/huronmillers/>, 25 de setembre del 2017]*

Finalment el 1894 es va fer un altre disseny millorat, que es diferenciava per incorporar un capçal universal que permetia treballar el material des de diferents posicions i utilitzant diverses eines en un mateix encaix.

En 1938 neix una empresa anomenada Bridgeport Machines, que crea dos models (un model petit i un altre de mitjà) estàndards de fresadores verticals que en les dècades següents es fan molt comunes en el món industrial.

A partir dels últims dissenys, les fresadores universals s'han basat en una estructura molt similar però han anat millorant tecnològicament.



### Parts principals d'una fresadora convencional

Per poder fer un redisseny acurat serà necessari tenir en compte de quines parts està formada una fresadora C.N.C. per així poder definir l'estructura del model amb precisió.

Una fresadora convencional esta distribuïda amb set parts principals:

**La Base:** és la zona que assegura la estabilitat de la màquina majoritàriament aquesta part és la més pesada per així poder baixar el centre de gravetat de la màquina i evitar que el moviment d'inèrcia d'aquesta pugui tombar la màquina.

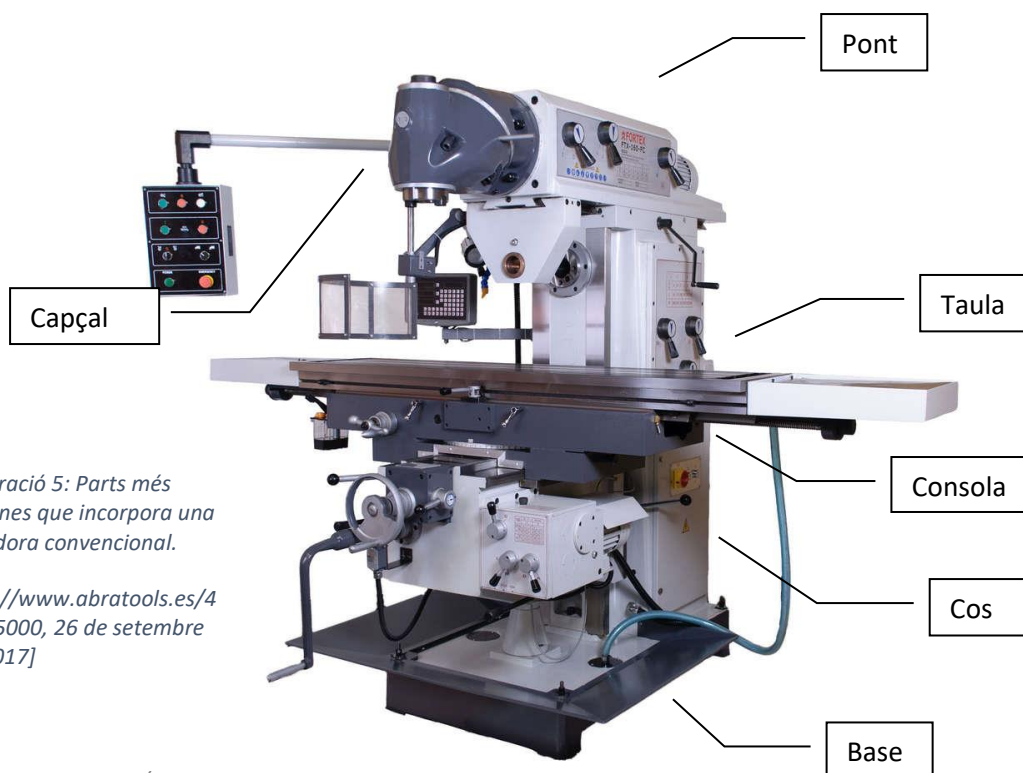
**El cos:** aquesta part es l'estructura principal de la màquina on la majoria d'aparells aniran collats en aquest xassís. Habitualment aquest està soldat o collat a la base i pot adquirir diferents formes, depenent de la forma de la màquina la qual estigui pensada per una tipologia de mecanització o una altre.

**La consola:** és la zona la qual es desplaça per unes guies les quals estan fixades al cos i és conduït a partir d'un cargol sense fi, que és el que garanteix la posició d'aquesta.

**La taula:** és l'element situat a sobre de la consola i aquest està compost de unes guies les quals serviran per fixar la peça que vulguem mecanitzar, majoritàriament acostuma a ser de acer i conté unes ranures en forma de T mecanitzades.

**El pont:** el pont es el braç traverser que guia a la seva posició l'eina de la màquina la qual treballarà el material, aquesta zona és de les més fortes ja que ha de aguantar tot el moviment de l'eina quan esta treballant i garantir la precisió adequada.

**Eix porta eina:** aquest eix o capçal és la zona on es colla l'eina que s'utilitzarà per poder mecanitzar el material aquesta part hi ha tantes variants en el mercat que abasten tota les necessitats que el fabricant necessita.



*Il·lustració 5: Parts més comunes que incorpora una fresadora convencional.*

[<http://www.abratools.es/441325000>, 26 de setembre del 2017]



En el cas d'aquest projecte la fresadora que es vol dissenyar no és directament similar a una fresadora industrial, sinó que el seu cos és molt més reduït i la forma que presenta és una mica més diferent.

Per poder tenir una idea de com es vol plantejar la màquina, es farà seguidament una comparació de les parts de una fresadora industrial amb la tipologia de equip que es pretén introduir.

*La Base:* la Base de la màquina en qüestió, serà una unió entre el cos i la taula del que vindria a ser una fresadora convencional, en aquest cas es podria dir que no existeix una base ja que la taula d'aquesta adobarà el suficientment pes per poder estabilitzar la màquina. Per altre banda el lloc on s'instal·li aquesta podríem determinar que també actua com a base, és a dir si la fresadora domestica instal·la a sobre de una taula de un estudi, per exemple, doncs aquesta taula actuarà també com a base de la màquina.

*El cos:* com bé s'ha comentat anteriorment, el cos de la màquina desapareixerà o serà intrínseca en altres subconjunts, ja que la mateixa estructura que uneix la taula amb el pont es podria determinar com a cos de la fresadora.

*La consola:* la consola d'aquest projecte està enfocada des de un altre punt de vista, ja que la majoria de consoles de fresadores industrials, és la taula la que es desplaça en l'eix X i Y, en aquest projecte es planteja un enfocament diferent, el qual esta pensat de manera que el capçal i el pont siguin els que adquireixen el moviment dels tres eixos i la taula es queda estable, per així reduir moviments de grans masses que comportaria una instal·lació de un motor de transport lineal més potent i a la vegada crear un subconjunt a part que actuaria de cos i base de la màquina per poder estabilitzar aquest moviment, això comportaria més volum a la vegada que augmentar la inversió.

*La taula:* la taula de aquest projecte serà el conjunt més pesat de tota l'estructura, aquesta, actuarà com a estabilitzadora de vibracions, anivelladora de l'estructura a partir de unes potes addicionals i al tenir una massa elevada reduirà el centre de masses el més baix possible per evitar que les moviments del capçal puguin interferir en la estabilitat de la màquina.

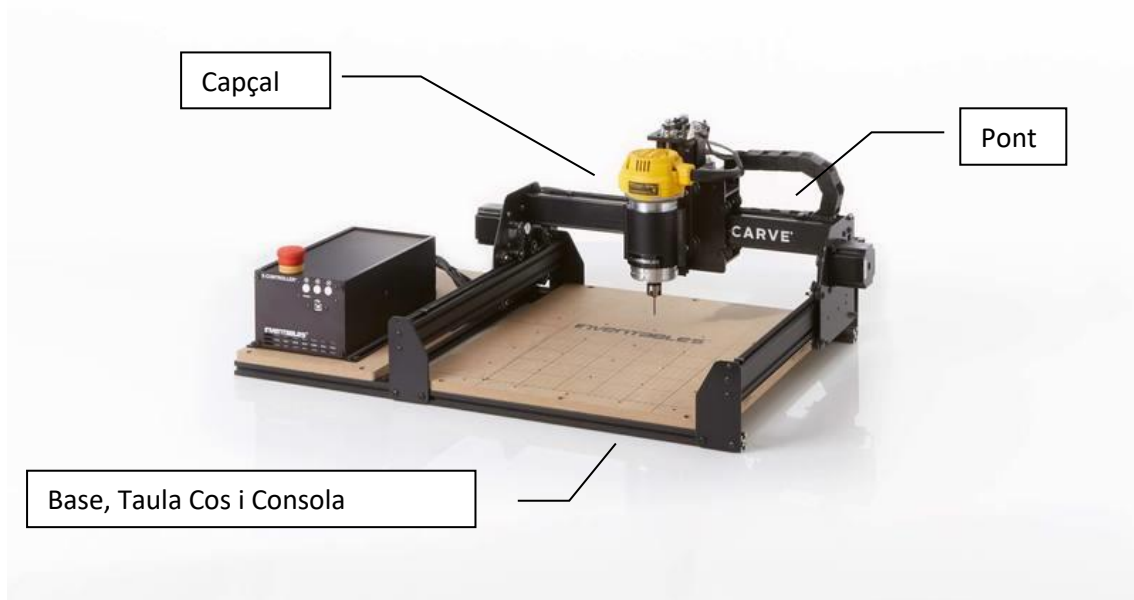
*El pont:* el pont serà una estructura el més lleugera possible, però respectant la estabilitat d'aquest, és a dir una estructura que sigui amb el mínim de massa possible per poder moure en l'espai fàcilment, però a la vegada que la seva rigides sigui la suficient per poder garantir la precisió necessària plantejada en el projecte.

*Eix porta eina:* la consola o capçal de la fresadora en qüestió, serà també la que incorporarà el motor principal de treball però aquesta, com que la màquina només proporcionarà 3 desplaçaments lineals , en X, Y i en Z, doncs només adoptarà un moviment possible (el de l'eix Z).

Per altre banda també cal destacar que les dimensions que té un capçal de una fresadora industrial, amb el que es dissenyarà en aquesta màquina no tindrà punt d comparació en les dimensions, ja que serà molt més reduït i compacte.

Aquest plantejament de l'estructura és totalment a elecció del lector ja que depenent de les necessitats del usuària es pot plantejar una estructura diferent. Molts altres dissenys també aprofiten un dels moviments axials implementat a la taula per així no carregar de molts moviments el pont. És a dir el eix vertical (Z) el faria el capçal el eix Y el mouria el capçal horitzontalment i el eix longitudinal de la X el mouria la taula guiada per dos patins lineals amb una cargols sense fi en el centre de la taula.

Una altre opció a triar per l'usuari és que la taula adquireixi tots els moviments necessaris, de manera que s'anul·len tots els moviments en el pont rigiditat el motor de treball conjuntament amb el cos de la màquina.



*Il·lustració 6: Fresadora domestica amb les parts principals que la dividirem en el projecte.*

*[<https://www.inventables.com/technologies/x-carve/customize>, 26 de setembre del 2017]*

## Introducció en el món del control numèric

Després de haver fet un breu repàs del procés històric i les parts físiques que incorpora aquesta tipologia de maquinària, és necessari tenir uns coneixements bàsics sobre què és el C.N.C. i quines aplicacions destacables existeixen.

El sistema d'automatització C.N.C. (Control Numèric Computacional) com bé diu el seu nom és, un sistema que permet el control de maquinària basant-se en un codi el qual dona unes ordres concretes a la màquina que ella acabarà executant com a moviments o accions.

El control numèric aplicat a la maquinària industrial és una de les branques més recents comparada amb tota la llarga història de la qual s'ha parlat prèviament. El C.N.C. va iniciar-se a finals de la segona guerra mundial quan es va desenvolupar la primera computadora electrònica. En la dècada del 1950 es va començar a fer proves d'aplicació del control numèric a la indústria i no gaire més tard, en els anys va sorgir el que podríem anomenar el primer control numèric aplicat a la indústria aeronàutica per realitzar amb precisió les hèlices pels motors d'aviació o similars.

Es pot parlar de 4 etapes destacables en la història, que classifiquen el progrés de la màquina C.N.C.

La primera etapa s'inicia amb la aplicació de vàlvules electròniques i relés en aquest sector el 1950.

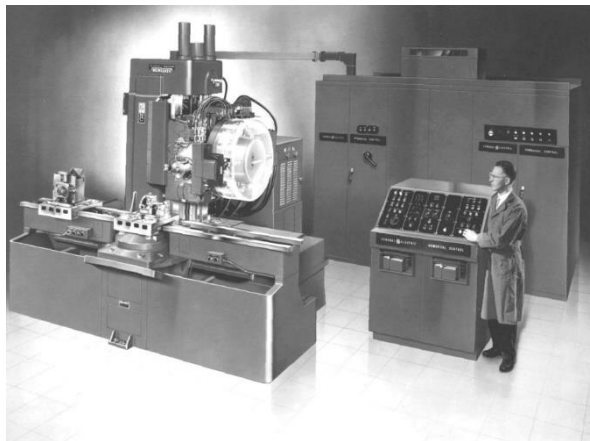
A l'inici el control numèric es feien servir vàlvules relés i altres components electrònics, els quals en aquella època eren de major volum i més costosos.

Les computadores que hi havia en aquella època eren també molt voluminoses i cares, afegint-hi la complexitat de que la programació d'aquestes, eren amb llenguatge màquina, el qual encara era més complicat realitzar operacions i no permetia gravar programes complets, sinó que el operari cada vegada que volia moure l'eina havia de introduir el codi, però tot i així la finalitat d'aquest producte era per garantir la precisió en la indústria.

La primera instal·lació comercial de control numèric es va realitzar el 1957.

La segona etapa la podríem definir a partir del desenvolupament dels transistors en el 1960.

Al principi dels anys 60's neix el control numèric per ordinador, les funcions del control numèric ja es realitzaven amb programes emmagatzemats a la memòria del ordinador, el qual permetia automatitzar varies funcions de la màquina. En aquesta etapa els



*Il·lustració 7: Primera fresadora controlada per un ordinador.*

[[https://www.cmsna.com/a-brief-history-on-cnc-machining-c-56\\_68.html](https://www.cmsna.com/a-brief-history-on-cnc-machining-c-56_68.html), 28 de setembre del 2017]

ordenadors encara eren excessivament cars i el més rentable era tenir un ordinador connectat a varies màquines i fer treballar les màquines per separat, però de manera que no podies fer funcionar més d'una màquina a la vegada. Aquesta tecnologia es denomina DNC (control numèric directe).

La següent etapa va iniciar amb els circuits integrats el 1965.

A final dels anys 60's tot el material el quan es necessitava per crear una màquina C.N.C. va començar a ser més barat i això vol dir que les petites i mitjanes empreses ja van poder començar a invertir en aquesta maquinària automatitzada. I en aquesta etapa va ser quan va néixer tal i com coneixem el C.N.C. (control numèric computacional) el qual es basa en que, un mateix control numèric sigui aplicable en més d'una màquina i simplement realitzant programes estructurats amb funcions de control.

Aquest esdeveniment comportava que la indústria podien augmentar la capacitat de producció (de baix nivell) i a més això comportava també un decrement de mà d'obra, aquests dos factors feien que les petites i mitjanes indústries valoressin la maquinària C.N.C. com una molt bona inversió pel futur de l'empresa.

En la última etapa, la qual perdura fins la actualitat, comença amb els microprocessadors el 1975.

En aquesta etapa el disseny de maquinària, tal i com es coneixia anteriorment, amb plànols i a mà alçada, amb la evolució dels ordenadors, junt de la mà dels softwares van reinventar l'ofici del enginyer, en aquesta època va començar a néixer el disseny assistit per ordinador el qual coneixíem amb les sigles CAD i aquest va venir complementat de la fabricació assistida per computadora CAM. Aquesta tipologia de fabricació amb software ens va ajudar a que les màquines que antigament anaven programades per el llenguatge conegut com "G-Code" fessin un gran pas endavant i poguéssim crear peces molt més complexes i amb un temps extremadament reduït.

Aquesta nova tecnologia va ser desenvolupada en el Institut de Tecnologia de Massachusetts (MIT) per l'encàrrec de la força aèria militar d'Estats Units.

En grans trets el llenguatge de programació G-code és el mètode per el qual el usuari pot comunicar-se amb la màquina per indicar-li que ha de fer i com ho ha de fer. Dintre d'aquestes ordres que es poden programar hi ha instruccions de posició (a la qual s'ha de moure), a quina velocitat ho ha de fer i quina trajectòria ha de seguir per arribar al punt final.

D'altra banda també existeixen altres funcions les quals indiquen la velocitat que ha de girar la broca, en quin sentit, etc.

És a dir que a partir d'aquest codi pots determinar tots els moviments físics que pot fer la fresadora.

Tot i així si s'han de programar les ordres per poder realitzar una peça una mica complexa podries estar moltes hores fent el programa perquè la fresadora ho interpretes bé i ho executes. Però actualment hi han softwares com el podrien ser MasterCAM o Cut3D

entre d'altres, aquesta tipologia de programes s'encarreguen de crear tot el codi-G d'una peça que es vol crear mitjançant funcions ja programades i interactives, per tal de que la programació d'una fresadora sigui molt més àgil i poder crear peces molt complexes amb molt poc temps de preparació.

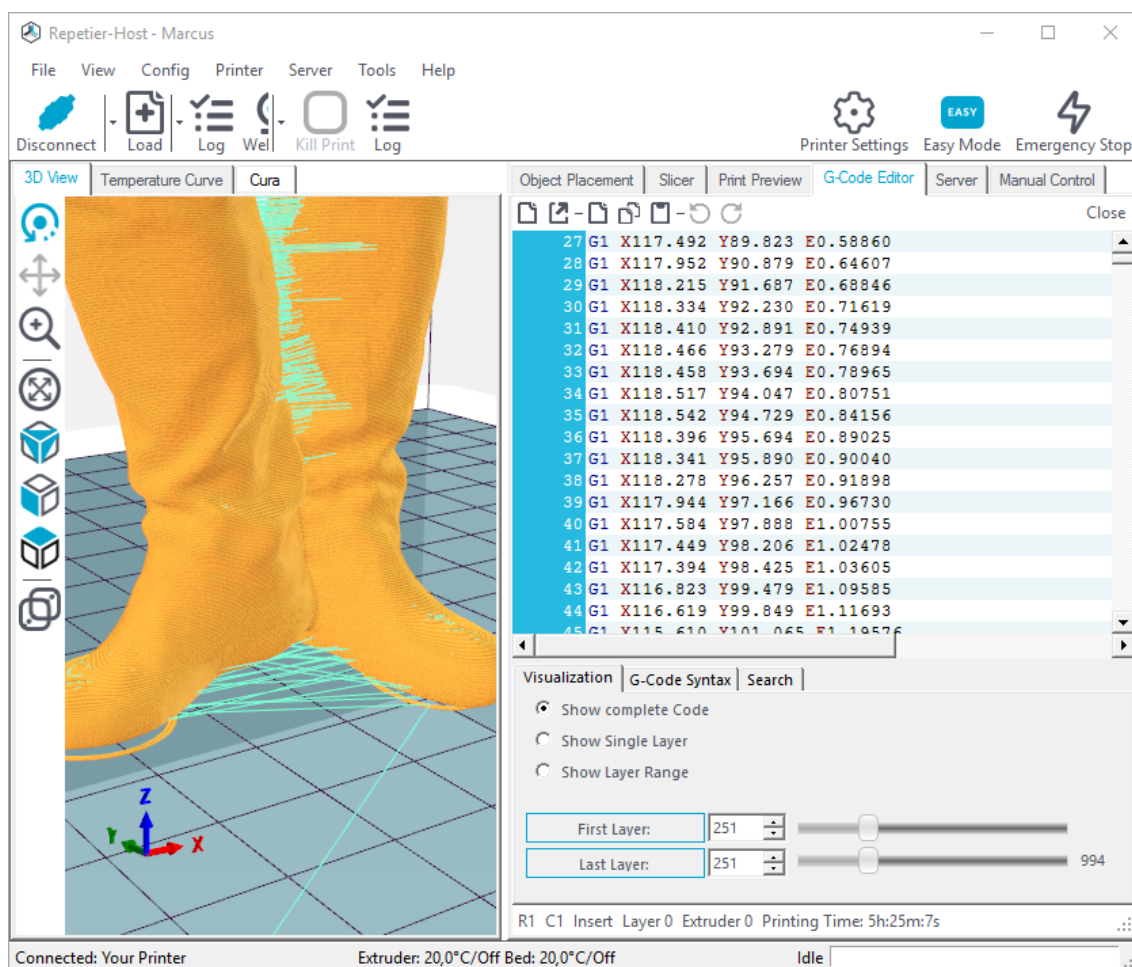
Estructura de un bloc de programació G-code:

- N = Numero de bloc
- G = instrucció de moviment
- X = Cota segons el eix X
- Y = Cota segons el eix Y
- Z = Cota segons el eix Z
- F = velocitat de avanç
- S = Velocitat de l'eina
- T = numero de eina
- M = Funcions auxiliars

*Exemple:*

```
N50 G01 X20 Y10 Z30 F200 S1000
N60 X100
N70 G00 Z50
N80 M30
```

Per poder entendre aquest codi es necessari la traducció de cada funció implementada, per això es poden fer servir unes taules de traducció per poder interpretar el llenguatge:



Il·lustració 8: Programa on es mostra la creació del G-Code.

[<https://www.repetier.com/documentation/repetier-host/gcode-editor/>, 28 de setembre del 2017]

Taula 1: Funcions G

<b>G00</b> * **	posicionament ràpid	<b>G47</b> **	bloc únic
<b>G01</b> **	interpolació Lineal	<b>G48</b> * **	Anul·lació de bloc únic
<b>G02</b> **	Interpolació Circular en sentit horari	<b>G49</b> **	Feed programable
<b>G03</b> **	Interpolació Circular en sentit antihorari	<b>G50</b> **	Càrrega de longituds d'eina
<b>G04</b>	temporització	<b>G53</b> **	Trasllat d'origen
<b>G05</b> * **	aresta matada	<b>G54</b> **	Trasllat d'origen
<b>G06</b>	Interpolació Circular amb centre a absolutes	<b>G55</b> **	Trasllat d'origen
<b>G07</b> * **	aresta viva	<b>G56</b> **	Trasllat d'origen
<b>G08</b>	Arc tangent a la trajectòria anterior	<b>G57</b> **	Trasllat d'origen
<b>G09</b>	Interpolació Circular definida per tres punts	<b>G58</b> **	Trasllat d'origen
<b>G10</b> * **	Anul·lació imatge mirall	<b>G59</b> **	Trasllat d'origen
<b>G11</b> **	Imatge mirall en eix X	<b>G70</b> **	Programació en polzades
<b>G12</b> **	Imatge mirall en eix I	<b>G71</b> **	Programació en mil·límetres
<b>G13</b> **	Imatge mirall en eix Z	<b>G72</b> **	Escalat definit per K
<b>G17</b> * **	pla XY	<b>G73</b> **	Gir de sistema de coordenades
<b>G18</b> **	pla XZ	<b>G74</b>	Cerca de zero màquina
<b>G19</b> **	pla YZ	<b>G75</b>	Treball amb palpador
<b>G20</b>	Crida a sub-rutina Standard	<b>G75 N2</b>	Cicles fixos de palpador
<b>G21</b>	Crida a sub-rutina paramètrica	<b>G76</b>	Creació de blocs
<b>G22</b>	Definició de sub-rutina Standard	<b>G79</b> **	Cicle fix definit per l'usuari
<b>G23</b>	Definició de sub-rutina paramètrica	<b>G80</b> * **	Anul·lació de cicles fixos
<b>G24</b>	Final de definició de sub-rutina	<b>G81</b> **	Cicle fix de trepat
<b>G25</b>	crida incondicional	<b>G82</b> **	Cicle fix de trepat amb temporització
<b>G26</b>	Crida condicional si igual a 0	<b>G83</b> **	Cicle fix de trepat profund
<b>G27</b>	Crida condicional si diferent de 0	<b>G84</b> **	Cicle fix de roscat amb mascle
<b>G28</b>	Crida condicional si menor	<b>G85</b> **	Cicle fix de escarificat
<b>G29</b>	Crida condicional si major o igual	<b>G86</b> **	Cicle fix de allisat amb retrocés en G00
<b>G30</b>	Visualitzar error definit per K	<b>G87</b> **	Cicle fix de caixa rectangular
<b>G31</b>	Desar origen de coordenades	<b>G88</b> **	Cicle fix de caixa circular
<b>G32</b>	Recuperar origen de coordenades	<b>G89</b> **	Cicle fix de allisat amb retrocés en G01
<b>G33</b> **	roscat electrònic	<b>G90</b> * **	Programació en absolutes
<b>G36</b>	Arrodoniment controlat d'arestes	<b>G91</b> **	Programació en incrementals
<b>G37</b>	Entrada tangencial	<b>G92</b>	Preselecció de cotes
<b>G38</b>	sortida tangencial	<b>G93</b>	Coordenades polars
<b>G39</b>	aixamfranat	<b>G94</b> * **	F en mm / min
<b>G40</b> * **	Anul·lació de compensació de ràdio	<b>G95</b> **	F en mm / rev
<b>G41</b> **	Compensació de ràdio a l'esquerra	<b>G96</b> **	F constant
<b>G42</b> **	Compensació de ràdio a la dreta	<b>G97</b> * **	F del tip constant
<b>G43</b> **	Compensació de longitud	<b>G98</b> * **	Volta al pla de seguretat
<b>G44</b> **	Anul·lació de compensació de longitud	<b>G99</b> * **	Volta al pla de referència

Taula 2: Funcions M

<b>M00</b>	Parada de programa
<b>M01</b>	Aturada condicional del programa
<b>M02</b>	Final del programa
<b>M03</b>	Arrencada de la claveguera en sentit horari
<b>M04</b>	Arrencada de la claveguera en sentit anti-horari
<b>M05</b>	Parada del cargol
<b>M06</b>	Canvi d'eina
<b>M30</b>	Final del programa amb reseteig de variables

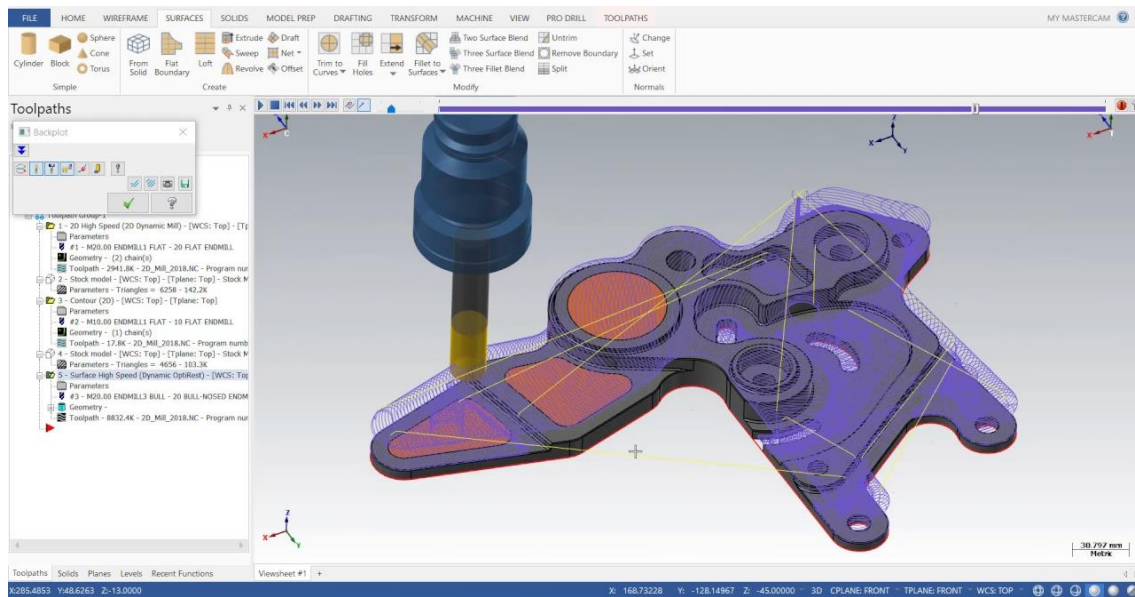
(\*) Són les instruccions que, per defecte, assumeix el control numèric quan s'inicia, o després de M02, M30, RESET o EMERGÈNCIA.

(\*\*) MODAL Vol dir que una vegada que apareix la instrucció, aquesta roman activa fins que sigui reemplaçada per una altra instrucció o per M02, M30, RESET o EMERGÈNCIA.



Com s'ha pogut apreciar a les taules anteriors que hi ha una certa complexitat a l'hora d'escriure el codi i això ens pot arribar a causar molts problemes en peces complexes com podrien ser peces de matriceria les quals tenen superfícies molt variades.

Tal i com s'ha dit anteriorment hi ha programes que faciliten la programació de la màquina com el MasterCAM és un d'ells, Solidworks, Catia, NX, entre d'altres. També disposen de complements per poder realitzar aquesta feina.

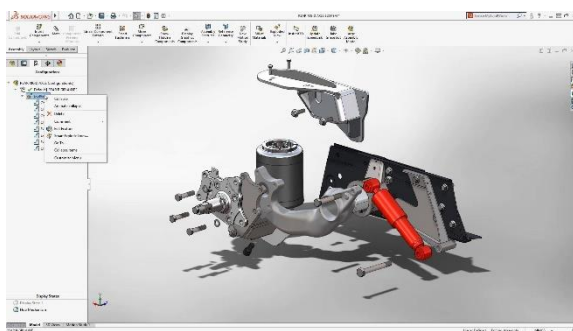


Il·lustració 9: Software MasterCAM en funcionament.

[<https://i.ytimg.com/vi/GRR0s3JYM6k/maxresdefault.jpg>, 30 de setembre del 2017]

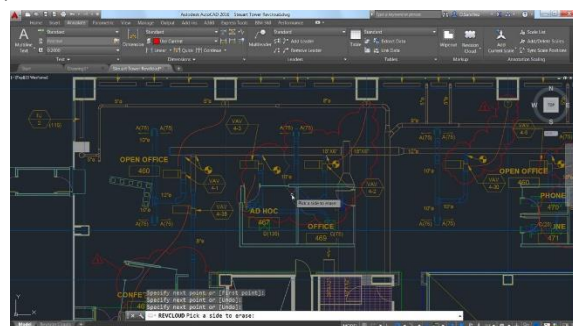
## Sistemes de disseny i fabricació CAD/CAM

A la indústria actual una gran quantitat de peces complexes que es fabriquen són realitzades a partir de sistemes CAD/CAM aquestes dues modalitats més modernes de disseny i fabricació assistides per ordinador abasten una gran quantitat d'indústria gràcies a la seva facilitat de crear peces molt complexes amb molt poc temps.



Il·lustració 10: Software CAD 3D SolidWorks

El disseny assistit per ordinador a comportat una revolució en la indústria el qual ha ajudat a crear dissenys de màquines molt més ràpides i precises i amb una complexitat molt elevada. Però de la seva mà ha vingut també la fabricació assistida per ordinador, una tipologia de software que pot arribar a entendre quasi be totes les formes que pot assolir una peça i convertir aquestes superfícies creades per un disseny CAD a una seqüència de codi que aquesta serà la pauta que seguirà la màquina per poder realitzar la mecanització de la peça dissenyada amb 3D.

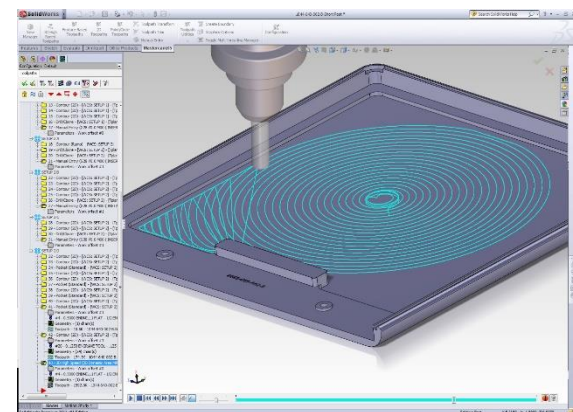


Il·lustració 11: Software CAD 2D AutoCAD

Actualment els softwares de CAM estan tan ben perfeccionats que et permeten fer verdaderes filigranes amb les màquines, fins i tot que el software sàpiga quina eina porta i per tant saber quina és la velocitat òptima per poder tallar aquell material, incloent si ha de canviar d'eina en quin moment i fer càlculs del temps total estimat que trigarà en recrear aquella peça si la velocitat d'avanç i la de rotació es l'adequada.

Els softwares CAD (disseny assistit per computadora) són actualment els principals motors de disseny de molt tipus de sectors comercials com pot ser l'enginyeria, el disseny gràfic, l'arquitectura, etc.

Aquesta tipologia de softwares es divideixen en dues branques principals, la primera el disseny en dues dimensions (2D), aquest és una de les branques la qual està orientada a fer plànols, esquemes, vistes en planta alçat o perfil d'un objecte, etc. Els software dos dimensions acostumen a tenir funcions molt intuïtives a la hora de dibuixar tal i com poden ser una lineal, un cercle o arc i la polilínia. D'altre banda aquesta tipologia de



Il·lustració 12: Software CAM SolidCAM



softwares es fa servir també per establir dissenys els quals seran exportats a una màquina C.N.C. tal i com pot ser de tall làser, tall en aigua, oxtall, ...

La segona branca del disseny assistit per ordinador és el disseny 3D, aquest és la tipologia més potent en quan a disseny que s'utilitza actualment ja que aquests software permeten recrear tot tipus de objectes tan sòlids com superfícies. Aquesta branca és molt més utilitzada en el món de la indústria ja que proporciona rapidesa, facilitat i precisió a la hora de desenvolupar un producte. A més a més els softwares CAD 3D tenen la capacitat de crear plànols incorporant un software de CAD 2D per poder modificar i acotar les vistes de la peça la qual hem creat. Actualment aquests softwares són tan complets que poden tenir subprogrames com simuladors de forces, programes per fer renderitzats, etc.

## Viabilitat

Per poder garantir que aquest projecte acabi complint els objectius econòmics i també tingui el màxim d'efectivitat possible, es farà un anàlisi de viabilitat de varis factors que implicaran l'eficiència d'aquest projecte.

En el darrer apartat s'analitzarà una part del mercat que existeix dins del món de les fresadores domèstiques i es valoraran els seus preus, per poder comparar juntament amb el pressupost del projecte, quins beneficis o inconvenients apareixen a l'hora de realitzar el nostre projecte.

També s'estudiarà el mercat dels softwares de disseny: CAD i CAM que ja existeixen, per escollir la millor opció, ja que un dels factors el qual depèn aquesta tipologia de maquinària és dels softwares, per poder realitzar treballs complexos i en temps reduït.

També, es buscaran alternatives als programes de disseny més coneguts CAD i CAM degut a l'elevat preu en la seva compra, ja que és molt difícil que un usuari pugui desenvolupar projectes C.N.C. de petites dimensions, utilitzant aquests softwares tan cars.

Per tant, es buscaran programes gratuïts o de preu molt reduït, perquè l'usuari pugui gaudir de totes les avantatges del CAD/CAM sense haver de pagar altes quantitats de diners.



Il·lustració 13: Il·lustració representativa de la viabilitat d'un projecte,

[ <http://www.ciroconsulting.es/proyectos-de-viabilidad/servicios-asesoria-gestoria-online>, 7 de octubre del 2017]

### Fresadores C.N.C en el mercat

Deixant a part tota la gran amplia gamma de fresadores CNC industrials que existeixen en el mercat, es pot trobar també, un bon ventall de possibilitats a la hora de buscar fresadores CNC que es puguin catalogar com a domèstiques o a nivell d'usuari.

Començant per la gamma alta d'aquests productes es pot trobar el fabricant CNC-STEP que té varis models en el mercat.

*Milling Machine RaptorX-SL XYZ Table*: aquesta fresadora pensada per el món industrial s'ha dissenyat enfocant-la a mecanitzats de peces extremadament amples tal com podrien ser llistons panells, etc..... la seva estructura modular permet que l'altura de treball de la taula sigui regulable, inclús permet desmuntar algunes de les costelles que formen la superfície de treball.

Característiques:

- Diferents models amb espais de treball variats de 1200mm x 1510mm x 300 mm a 3200mm x 2100mm x 600mm
- Regulació del pont on porta el motor fresadora de 150 mm, 300mm i 400mm en l'eix Z.
- L'estructura es tota de ferro i incorpora potes que eleven la fresadora, es a dir, no necessita una taula o banc de treball que la subjecti.
- Amb un pont d'una llargada de 2010 mm una precisió de 0.02 mm contant la flexió d'aquest.
- Compatible en softwares com Mach3 i Win PC-NC mitjançant cable USB.

Un dels factors que es pot valorar és ,la seva precisió ja que l' iguala a la precisió teòrica, que es calcula en aquest projecte prèviament, per altre banda els proporcions que té de la taula de treball sembla que estigui destinada a treballar en peces planes. Tot i que les costelles interiors de la taula poden retirar-se per poder treballar peces amb unes dimensions més grans, el màxim recorregut de la fresadora en l'eix Z és de 300 (depenent del model que s'escull).



Il·lustració 14: Fresadora Milling Machine RaptorX-SL XYZ Table.

[<https://www.cnc-step.com/milling-machine/>, 7 de octubre del 2017]

Finalment cal comentar que el preu el qual es ven aquesta fresadora és per 19.055,29 €.

Un altre producte d'aquest mateix fabricant, que es mes semblant al model que es planteja en aquest projecte és:

*High-Z T-Series CNC Router*: aquesta fresadora ha estat dissenyada per garantir una precisió de qualitat, la qual arriba a  $\pm 0.01\text{mm}$ . amb un disseny compacta i modular, es pot desmuntar fàcilment, fet amb perfilaria d'alumini i incorpora un motor suficientment potent, segons el fabricat pot arribar a fresar fusta, alumini i acers tous. Per altre banda és una màquina orientada tan a l'usuari particular com a la industrial.



*Il·lustració 15: Fresadora High-Z T-Series CNC Router.*

[<https://www.cnc-step.com/cnc-router/>, 7 de octubre del 2017]

Característiques tècniques

- Incorpora coixinets de boles i en les guies del eix X i Y.
- Velocitat de treball al voltant de 8000 mm / min màx.
- Velocitat ràpida de trasllat: màx. 12.000 mm / min
- Resolució tècnica: 0,00635 mm (1/10 pas)
- Error de reversió màxim: +/- 10 $\mu\text{m}$  (0,01mm)
- Interruptor general i finals de cursa en tots els eixos
- Doble botó de parada d'emergència de seguretat
- Cadena transportadora de cables per a un cablejat net
- Inclou Programa WIN PCNC Light (opció WIN PCNC Economy, USB o professional)
- Inclou Programa ConstruCAM-3D limitada (preu de venda recomanat versió completa 1902.81 EUR)
- Marc modular per a aplicacions universals

Aquesta fresadora podria ser un producte molt semblant al qual es vol orientar en aquest projecte, però les seves dimensions són molt petites, ja que té un volum de treball de 400mm x 300mm x 110 mm. Aquesta és una de les formes en que es poden garantir precisions molt altes, amb una estructura molt lleugera.

Aquesta fresadora té un preu de venda al públic de 3.267 € aquest preu és molt més baix que l'anterior, però la tipologia de peces que pot manufacturar, també és molt diferent, es a dir, aquesta fresadora compleix els models que es voldria per aquest projecte, però el preu és excessivament elevat.

Altres model que poden seguir el mateix patró que el del projecte:

**Microfresadora MF70/CNC:** És una fresadora de petites dimensions creada per l'empresa Proxxon, aquesta fresadora té unes dimensions molt més petites que les altres fresadores comentades, 150mm (X), 70 mm (Y) i 70 mm (Z).

Aquesta màquina ha estat dissenyada per fer treballs de peces molt petites amb precisions de 0.005 mm. També conta amb la possibilitat de fer la compra del producte sense els motors incorporats i un funcionament totalment manual.

S'endolla a la corrent domestica i te un pes de 7 kg. Per altre banda la mateixa empresa ven tots els components per separat, la taula, els motors per acoblar-los, etc.

Aquesta fresadora té un preu al mercat de 701,56 €.



Il·lustració 16: Microfresadora MF70/CNC.

[<https://www.proxxon.com/en/catalogues/micromot/spanish/#>, 8 de octubre del 2017]

**MDX-50:** és una altra alternativa de fresadora domestica dissenyada exclusivament per ser una fresadora de sobretaula optimitzada al màxim i per crear prototips de volums pe tits de mides inferiors a 401,2 mm (X), 304,8 mm (Y) i 134,6 mm (Z).

Aquesta fresadora amb un esquelet de ferro i un recobriment de xapa, incorpora una capsula de protecció que fa la funció de barrera de seguretat de la màquina. Per altre banda la mateixa màquina porta un software CAM molt fàcil de fer servir anomenat SRP Player i un altre Interface que interactua amb la màquina, anomenat VPanel, que és el pont de comunicació entre l'usuari i la màquina per poder variar la velocitat de rotació, velocitat d'avanç, profunditat de treball, etc.



Il·lustració 17: Fresadora MDX-50.

[<https://www.rolanddga.com/es-la/productos/3d/mdx-50-benchtop-cnc-mill>, 10 de octubre del 2017]

Incorpora també, gràcies a la seva capsula protectora un calaix recol·lector de residus que fa més fàcil el seu manteniment.

El preu d'aquest producte esta al voltant dels 10.995€

Model en el qual s'ha inspirat aquest projecte:

**X-Carve** : és una fresadora especialment pensada per instal·lar-la a casa del usuari , s'ha dissenyat pensant per assolir objectius educatius, ja que és de codi lliure i això comporta que l'usuari pot programar-la al seu gust, és a dir, tota la part de funcionament ,sensors de fi de cursa, velocitats puntes, velocitats de treball, tot això es pot modificar mitjançant el llenguatge de programació per el qual ha estat programada.



Il·lustració 18: Fresadora X-Carve.

[<https://www.inventables.com/technologies/x-carve/customize#1000mm>, 12 de octubre del 2017]

Per altre banda es una fresadora que es connecta a la xarxa elèctrica convencional 240V i no requereix cap experiència en fabricació cnc, en la mateixa web del fabricant, es venen programes, per poder utilitzar la fresadora fàcilment tan amb 2D com en 3D.

Una de les avantatges principals d'aquest producte creat per l'empresa *Inventables* és que, des de la pagina pots configurar la teva fresadora amb una gran diversitat d'opcions.

Les opcions que es poden escollir:

- Triar el teu model:
  - X-Carve Core Components : (de moment és l'únic model que té la marca)
- Mides de la màquina:
  - Kit de rails de 500 mm
  - Kit de rails de 750 mm
  - Kit de rails de 1000 mm
- Motor de fresat:
  - DeWalt 611 – 110V
  - DeWalt 611 – 2400V
- Controlador de moviment (caixa elèctrica amb tots els components elèctrics i electrònics):
  - X-controller Kit
- Kit de motors pas a pas per els eixos de transport (X,Y i Z):
  - Kit de motors Nema 23 – 500 mm

- Kit de motors Nema 23 – 750 mm
- Kit de motos Nema 23 – 1000 mm
- Taula de treball (taulell a mida amb una quadriculada serigrafiada i amb forats de M5 per fixar millor les peces al taulell)
  - Kit de taula de treball de 500 mm
  - Kit de taula de treball de 750 mm
  - Kit de taula de treball de 1000 mm
- Bora lateral per acoblar el controlador de moviment:
  - Kit de bora lateral de 500 mm
  - Kit de bora lateral de 750 mm
  - Kit de bora lateral de 1000 mm
- Cadena porta cables:
  - Kit de cadena porta cabler de 500 mm
  - Kit de cadena porta cabler de 750 mm
  - Kit de cadena porta cabler de 1000 mm
- Kit de fi de carrera Home:
  - Kit de fi de carrera Homing 500 mm
  - Kit de fi de carrera Homing 750 mm
  - Kit de fi de carrera Homing 1000 mm
- També incorpora altres components a triar com poden ser: programes de treball, accessoris de medicació ( peu de rei, ...), broques, entre d'altres...

És a dir, pots configurar tota la màquina afegint o traient els components que vols incorporar amb la compra de l'equip. I així poder reduir el preu o augmentar lo depenent de les necessitats de l'usuari.

Els preus oscil·len entre els 245 € amb la versió més petita (500 mm ) sense incorpora cap motor ni cap complement, es a dir l' estructura de la fresadora sola. Fins a la fresadora de mides més grans ( 1000 mm ) amb tots els complements (sense comptar accessoris) que assoleix un preu de 1567 €.

### Viabilitat comercial de maquinària

En aquest punt, el lector ja ha pogut veure una pinzellada de com són les fresadores comercials i quins preus assoleixen a partir de les qualitats que disposen.

Dins del mercat veiem que, una de les fresadores que proporciona més avantatges a un preu assequible es la fresadora X-Carve, ja que permet una ajust personalitzat bastant ampli i el preu és relativament baix.

S' ha de dir que aquesta fresadora no garanteix cap tipus de precisió, ja que, els eixos que es mouen en l'espai no són desplaçats a partir d' uns cargols sense fi, sinó que està feta a partir de una cadena dentada, això comporta que tindrà una certa flexibilitat, i també tindrà elasticitat quan la fresadora estigui en un punt fixe i podrà desplaçar subtilment el punt de posició de la broca.



Com que aquesta fresadora està enfocada a l'educació doncs, no té perquè garantir una certa precisió, es pretén que actuï amb la millor facilitat possible.

S'ha de dir que la fresadora que es pretén dissenyar en aquest projecte, és important la precisió i per això s'utilitzaran materials més adequats per aconseguir aquest fi.

El preu de la fabricació de la fresadora en qüestió, oscil·larà aproximadament els 2.000€.

### Softwares

Un dels factors principals que farà que la màquina pugui treballar amb el seu màxim rendiment és els softwares de treball, tant la part CAD com la part CAM.

Com bé es coneix tot aquest món de softwares de disseny i de fabricació és un mercat molt ampli i variat i això fa que l'elecció d'aquests sigui una mica difícil. També cal destacar que com que molts d'aquest softwares s'utilitzen a l'indústria estan molt ben preparats per poder abastir totes les necessitats del client i això fa que els preus que tenen aquest softwares siguin excessivament alts per algú que vulgui fer servir un programa similar, però a nivell d'usuari.

Per això en aquest apartat es parlarà de els diferents softwares de disseny CAD/CAM que existeixen i també quines alternatives hi ha per poder suplir aquest programes, sense tenir que fer una inversió molt elevada o inclús nul·la.

- **Softwares CAD**

**CATIA**: és un programa informàtic de disseny, fabricació i enginyeria assistida per computadora creat per la empresa Dassault Systems. CATIA és un dels productes més usats dins de l'indústria de l'automoció, ja que el software de disseny és molt robust i té una gran capacitat per desenvolupar i entendre formes amb superfícies molt complexes. Inicialment aquest programa va estar creat per l'indústria aeronàutica.

Actualment incorpora una gran quantitat de mòduls que permet absorbir molts dissenys en la indústria, tal i com poden ser la creació de sòlids, superfícies 3D, plànols 2D, simulacions CAE, creació de xapa, sistemes elèctric, sistemes de fluids, entre d'altres.... Tot i així aquesta tipologia de softwares tant complets acostumen a tenir preus molt alts. Els clients que paren atenció en aquests programes són multinacionals com podrien ser Volkswagen, Audi, BMW, etc...

És un programa que agrupa multitud d'aplicacions, amb molt variades funcionalitats, i això permet que, sota una única Interface, es puguin controlar totes les fases al llarg de la vida d'un producte.

Engloba totes les eines necessàries des de la concepció del disseny, fins a l'anàlisi, la simulació i presentació, la fabricació o producció i, manteniment d'aquest. És un programa que consta d'uns mòduls bàsics i es va ampliant en funció de les necessitats, i aquests mòduls arribar a ser altament específics per a algun tipus d'indústries.

CATIA forma part del grup de programari de més alta gamma, per prestacions, usabilitat, potència i altres característiques, juntament amb Pro-Engineer o Unigraphics.



Aquest programa com molts altres en el món de la indústria el seu preu esta al voltant de 36.390 € l'any.



*Il·lustració 19: Logotip del Software CATIA.*

*[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:CATIA\\_Logotype\\_CMYK\\_NewBlueSteel.png](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:CATIA_Logotype_CMYK_NewBlueSteel.png), 12 d octubre del 2017]*

**Solidworks:** un altre programa molt destacat dels mateixos creadors de CATIA, Dassault Systems, aquest software també incorpora una gran quantitat de solucions com el CATIA, però no té una potencia tan important en superfícies com el CATIA, també destacar que, aquest programa informàtic és un dels més intuïtius que hi ha en el mercat, ja que moltes de les seves funcions estan molt ben ordenades i d'una manera molt visual per tal de que treballar amb aquest sigui el més lleuger possible.

Un dels sectors que s'utilitza més aquest software és la indústria de maquinària de producció, és a dir per fer màquines de línies de producte.

Solidworks és una del les moltes solucions per crear dissenys de peces en 3D, muntatges de peces en 3D i creació de planells en 2D. El software ofereix una ventall de possibilitats amb complements incorporats per poder realitzar tota tipologia de desenvolupament de productes. Els seus accessoris ofereixen la possibilitat de crear, dissenyar, simular, fabricar, publicar i gestionar les dades del procés de disseny.

Els productes més destacats que ofereix Dassault Systems amb aquest gran software de disseny son els següents:

- Disseny mecànic: SOLIDWORKS CAD 3D
  - Permet reduir considerablement el temps dels cicles de disseny, produeix un estalvi de temps i costos, incrementa la qualitat dels productes dissenyats. Gràcies a les eines que proporciona aquest programa de disseny, permet ser més productiu i llançar els productes al mercat amb més rapidesa.
  - A més presenta una Interface intuïtiva i senzilla la qual cosa ajuda a transformar ràpidament les idees en productes reals.
  - Hi ha tres paquets dins de SOLIDWORKS CAD 3D: Standard, Professional i Premium.
- Anàlisi, càlcul i validació: SOLIDWORKS Simulation
  - El programa de càlcul SOLIDWORKS Simulation, permet sotmetre els dissenys a condicions idèntiques que s'experimentaria en la realitat i visualitzar fàcilment els resultats obtinguts en els anàlisis.

Les seves funcionalitats principals són les següents:

- Generar menor nombre de prototips gràcies a la possibilitat de configurar i provar els productes simulant un entorn real abans de fabricar-los. D'aquesta manera s'eviten errors costosos i el producte arriba abans al mercat.
- Avalua el rendiment dels productes per millorar l'eficàcia d'aquests des de la primeres fases de disseny i controlar el seu cicle de vida. Es perfeccionen els dissenys gràcies a l'anàlisi de simulació i s'adapta el producte segons els resultats obtinguts.
- Les proves virtuals en les fases inicials del desenvolupament de producte integrades en CAD ajuden a comercialitzar els productes més ràpid, utilitzant menor nombre de prototips físics els quals suposen una pèrdua de temps.

Hi ha tres paquets dins de SOLIDWORKS Simulation: SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation, SOLIDWORKS Plastics.

- Disseny elèctric: SOLIDWORKS Electrical
  - El programari de disseny elèctric SOLIDWORKS Electrical, permet integrar l'informació elèctrica des de les primeres fases del desenvolupament de producte.

SOLIDWORKS Electrical s'integra a la perfecció amb el disseny mecànic. Els dissenyadors poden treballar de forma simultània i desenvolupen els productes a temps real, creant un pont de col·laboració entre el departament mecànic i elèctric, el que ajuda a estalviar un temps considerable i errors costosos.
- SOLIDWORKS CAM
  - Solidworks en la seva nova versió de 2018 incorpora la programació CNC directament en l'eina CAD 3D de SOLIDWORKS amb la tecnologia CAMWorks. Integra directament els processos de disseny i fabricació en un sistema.

Aquest programa actualment es pot comprar tots o cadascun dels diferents mòduls per separat. La versió més simple de disseny 3D anomenada Solidworks Standard t'he un preu de 6.600 €



Il·lustració 20: Logotip Software SolidWorks.

[<https://virtualsvs.com/>, 14 de octubre del 2017]

**NX siemens**: també conegut com Unigraphics o O-G, és un paquet de programes CAD / CAM / CAE desenvolupat per la companyia Siemens PLM Software. Ofereix eines noves amb capacitat per millorar la manera de crear productes.

El programa NX ofereix diferents mòduls de solucions tal i com poden ser per el disseny, per simulació o per fabricació.

NX és una solució integrada per al disseny de productes que, optimitza i agilitza el procés de desenvolupament del mateixos, per als enginyers que necessiten oferir productes innovadors en entorns de col·laboració.

Totes les funcionalitats de CAE de NX s'inclouen en el programa com simulació de forces, fluids, simulacions tèrmiques, durabilitat de un producte, simulacions dinàmiques, estructurals i acústiques, juntament amb nombroses funcionalitats.

NX per Fabricació ofereix un complet conjunt de solucions per a la fabricació de peces, des de CAM fins controls de CNC. Amb NX per Fabricació es pot millorar la productivitat de la fabricació de peces amb:

- Reducció del temps de programació de control numèric i de mecanitzat
- Producció de peces de millor qualitat
- Optimització de l'ús dels recursos de fabricació

Actualment aquesta altre alternativa de software de disseny te un preu de 26,300€ de compra, mes 4,900 € que es paguen anualment per manteniment del programa, que et proporciona servei tècnic i actualitzacions anuals.



*Il·lustració 21: Logotip Software NX Siemens.*

*[<http://www.catia.net/news007.html>, 15 de octubre del 2017]*

**PTC Creo:** Creo és un programa que integra una solució CAD/CAM/CAE 3D per el disseny mecànic de la indústria. És la solució de disseny 3D de producte per dur a terme des de la seva creació conceptual fins a la seva producció i venda.

El programa de disseny Creo és destacat per la seva metodologia de disseny paramètric, la integració de les seves aplicacions en totes les fases del disseny, la propagació automàtica de canvis del disseny i la simulació virtual que ajuda el millor desenvolupament de producte.

Una de les avantatges del creo es que, també incorpora molts mòduls que s'adapten a moltes solucions necessàries per diferents indústries :

- PTC Creo Schematics: que és una solució per crear diagrames esquemàtics de sistemes 2D.
- PTC Creo Layout: una solució d'enginyeria conceptual 2D.
- PTC Creo Sketch: programa senzill de traç de corbes i disseny 2D a mà alçada.
- PTC Creo Direct: programa de modelatge directe 3D ràpid i flexible.
- PTC Creo Options Modeler: permet crear i validar conjunts de productes modulars 3D.
- PTC Creo Parametric: integració d'un programari CAD / CAM / CAE 3D paramètric.
- PTC Creo Simulate: és el programa de simulació estructural i tèrmica, on pots es pot optimitzar els dissenys perquè siguin funcionals, segurs i òptims en pes i resistència.
- PTC Creo View MCAD: el mòdul que permet veure, anotar, col·laborar i distribuir models de CAD mecànic.
- PTC Creo View ECAD: ofereix la facilitat de veure, interrogar i anotar geometries de disseny ECAD. És un visualitzador universal que porta models, acoblaments, dibuixos de productes 3DMCAD, imatges i documents.
- PTC Creo Illustrate: garanteix eficaços il·lustracions tècniques 3D.
- PTC Creo View Mobile: permet visualitzar productes, dades d'enginyeria CAD 3D, sistemes mòbils.
- PTC Creo Elements/Direct Modeling: és un programa complet de disseny CAD 3D directe.
- PTC Creo Elements/Direct Model Manager: Programa PDM per gestionar les dades de PTC Crec Elements / Direct.
- PTC Creo Elements/Direct Drafting: Software de disseny CAD 2D.

Actualment aquest software es ven a un preu de 4895 €



*Il·lustració 22: Logotip Software PTC Creo.*

[<https://www.commcreeative.com/work/ptc-creo-50>, 15 de octubre del 2017]

**Autodesk inventor:** és una altre alternativa de disseny molt destacada, aquest software ha sigut creat per la companyia Autodesk, creadora del famós programa de disseny 2D AutoCAD. Aquest programa anomenat l'Inventor, va entrar al mercat el 1999 i actualment és un dels més potents en la indústria.

Actualment està disponible en dues modalitats: Autodesk Inventor Series (AIS) i Autodesk Inventor Professional (AIP)

L'AIS inclou totes les eines que s'utilitzen per modelar dissenys paramètrics bàsics. Aquestes inclouen la creació de la peça, de l'acoblament entre elles, el dibuix 2D i presentacions de conjunts i/o peces.

També solucions per crear lamines metàl·liques (xapa), conjunts soldats, creació, manipulació i funcions de reparació de superfícies i un apartat anomenat inventor Studio per crear moviments de mecanismes.

L'AIS també proveeix a l'usuari la capacitat d'utilitzar AutoCAD, AutoCAD Software d'escriptori mecànic, i Autodesk Software de PDM.

Autodesk també disposa complements extres que es paguen a part com 3DStudio, Showcase, Navisworks, Publisher enfocats en les diferents indústries i mercats.

Aquest producte té un preu de subscripció anual de 2.553,10 € aproximadament.



*Il·lustració 23: Logotip software Autodesk inventor.*

*[<http://todosobreautodeskinventor.blogspot.com.es/2017/>, 18 de octubre del 2017]*

**FreeCAD:** FreeCAD és un modelador 3D paramètric dissenyat principalment per a crear objectes de la vida real de qualsevol mida en 3D. El modelatge paramètric permet modificar fàcilment el disseny tornant a l'historial del seu model i canviant els seus paràmetres.

FreeCAD és de codi obert i fàcilment modificable i extensible, aquest programa de disseny 3D és totalment gratuït i una alternativa molt ben optimitzada per usuaris particulars.

No es requereix experiència prèvia en CAD. La mateixa empresa proporciona un fòrum de formació online que ajuda a l'usuari a introduir-se en el món del CAD a partir del seu software gratis.

En el cas que, es tingui experiència en el disseny CAD, el entorn és molt semblant a la majoria de els softwares comercial i ajuda a que la familiarització del software sigui molt rapida.

En el cas que, l'usuari tingui coneixements sobre la programació amb Python, pot arribar a modificar la majoria de funcions integrades i així personalitzar al seu gust l'entorn.

Aquest programa està molt ben enfocat per l'educació ja que incorpora molts mòduls que ajuden a introduir a l'alumne en el món del CAD.



*Il·lustració 24: Logotip Software FreeCAD.*

*[<https://createc3d.com/curso-de-diseno-3d-con-freecad/>, 18 de octubre del 2017]*

#### - Viabilitat de software CAD

Un mercat tan ampli com el de software CAD ens deixa molt a escollir, però observant l'opció que redueixi més el cost del projecte amb un equilibri d'eficiència, és el Software FreeCAD, aquesta opció proporciona un software totalment lliure i estable és la millor opció per poder crear els dissenys CAD sense cap cost addicional.

- Softwares CAM

**MasterCAM**: és el Software CAM més utilitzat a tot el món i continua sent el programa d'elecció dels programadors CNC.

MasterCAM Mill és la pròxima generació del popular programa, oferint el paquet de fresat més complert amb modernes trajectòries i tècniques de fresat.

MasterCAM ofereix les millors bases possibles per a un fresat ràpid i eficient. A partir de mètodes de propòsit general com l'optimització de les dimensions de peça de matèria prima a trajectòries d'alta tecnologia especialitzades, MasterCAM assegura que estigui preparat per a qualsevol treball.

MasterCAM inclou:

- Modelatge CAD complet 3D.
- Fàcil dimensionat del material a tallar, contorn i trepat.
- Programació basada en funcions 2D.
- Robust sòlids en 3D i mecanitzat de superfícies.
- Potent tall de múltiples eixos.
- Opcions especialitzades per a projectes centrats.

El preu de aquest software especialitzat en Disseny de fabricació pot variar segons la modalitat que l'usuari esculli des de 4000 a 40000 €.

The logo for Mastercam, featuring the word "Master" in a bold, black, italicized sans-serif font, followed by "cam" in a bold, red, italicized sans-serif font. A registered trademark symbol (®) is located at the end of the word "cam".

*Il·lustració 25: Logotip software MasterCAM.*

*[<https://www.mastercam.com/en-us/Competitions/WildestParts>, 19 de octubre del 2017]*

**Cut3D**: és un Software CAM creat per la empresa Vectric, està dedicat als models 3D de mecanitzat CNC, que han estat dissenyats amb un producte 3D de disseny CAD o Gràfics com AutoCAD, Rhino3D, 3D Studio, etc. o escanejats amb un dispositiu làser o de sonda tàctil.

La Interface, excepcionalment, fàcil d'utilitzar de Cut3D porta l'usuari pas a pas en el procés de carregar un model, establir la mida de la peça o pot col·locar les fixacions de la fresadora en aquella peça de manera interactiva, calcular trajectes d'eines de desbast i acabat d'una o dues cares, pre-visualitzar els resultats i finalment guardar el codi G per executar-lo a la vostra màquina C.N.C.

Els models 3D que són massa grans o gruixuts per a la màquina, a causa de l'alçada del pont que transporta el capçal, la longitud de la talladora o el gruix del material limitat es poden "tallar" en peces separades, en el mateix programa, per així realitzar varis mecanitzats i per poder muntar tot el conjunt per capes de la mida requerida.

Aquest programa hi ha dues opcions disponibles, la gratuïta que limita la creació de codi G en unes mides de fresat màxim i la versió de pago que val 275 € i permet introduir peces molt més grans en el software de treball.



*Il·lustració 26: Logotip Software Cut3D.*

*[<https://www.fineautomation.com/products/cut3d-cam-software>, 21 de octubre del 2017]*

#### - Viabilitat Software CAM

Com s'ha pogut veure els dos softwares que s'han presentat anteriorment la millor opció és, el Software Cut3D, per el seu baix cost i per les seves prestacions. Per altre banda no cal descalificar la perfecció que té el software MasterCAM, però el preu del programa és molt elevat i encariria molt l'import del projecte.



## Càlculs dels sistemes mecànics

En l'apartat de càlculs, es calcularà diferents zones de la màquina, les quals ens ajudaran a definir molts dels elements mecànics del projecte, d'altre banda també es revisaran els catàlegs del fabricant d'alguns dels components, ja que molts dels valors necessaris per realitzar els càlculs els haurem de extreure d'allà.

Des de un principi, aquest projecte s'ha marcat com a objectiu que, la màquina en qüestió tingui la capacitat de fresar l'alumini 6061. Per tant, la majoria dels càlculs que es faran en les properes pàgines, vindran determinats a partir de la resistència a la ciselladora d'aquest material.

Seguidament es mostrarà la taula que proporciona el fabricant de l'alumini amb les propietats mecàniques d'aquest material perquè el lector pugui tenir unes nocions bàsiques de les capacitats i aplicacions d'aquest.

S'iniciarà el desenvolupament dels càlculs que ajudaran a escollir els materials comercials mecànics per introduir-los al projecte.

Els materials que es podran determinar, seran els complements que creen i tenen moviment com poden ser: els motors pas a pas, els cargols sense fi i les seves femelles apropiades i la potencia requerida del motor principal (motor de treball).

Cal remarcar que, tots els càlculs que es faran en aquest projecte seran enfocats en la situació més crítica de treball, per així garantir que la màquina en condicions normals pugui treballar sense problemes.

L'apartat de càlculs el dividirem en tres blocs:

- 1) Moviments axials: en aquest apartat es determinarà quina és la força d'avanç necessària del capçal per poder fresar el material escollit. A partir d'aquí es trobaran totes les variables requerides per escollir els cargols sense fi i les seves femelles apropiades.
- 2) Motor principal: en aquest següent apartat es determinarà la potencia necessària del motor perquè pugui treballar el material sense problema.
- 3) Patins guia: aquí es seleccionarà els patins guia del catàleg que més s'adaptin a les condicions de treball, determinats prèviament amb els càlculs realitzats.

Taula 3: Característiques mecàniques del material segons el seu fabricant

## -6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo	0,40		0,15		0,80	0,04			Otros Total	
Máximo	0,80	0,70	0,40	0,15	1,20	0,35	0,25	0,15	0,05 0,15	El resto

### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Estado	Características a la tracción			Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura $\tau$ N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell (HB)
	Carga de rotura Rm. N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico Rp 0,2, N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65%			
0	125	55	27	120	85	30
T4	235	140	21	180	150	65
T6	310	270	14	190	190	95

### PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Módulo elástico N/mm <sup>2</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 <sup>-6</sup> K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2,70	580-650	23,3	T4-155 T6-166	T4-4,3 T6-4,0	T4-40 T6-43	-0,83

### APTITUDES TECNOLÓGICAS

#### SOLDADURA

A la llama  
Al arco bajo gas argón  
Por resistencia eléctrica  
Braseado



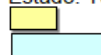
#### MECANIZACIÓN

Fragmentación de la viruta  
Brillo de superficie

Estado: 0



Estado: T6



#### COMPORTAMIENTO NATURAL

En ambiente rural  
En ambiente industrial  
En ambiente marino  
En agua de mar



#### EMBUTICIÓN

Por expansión  
Embutición profunda

Estado: 0



Estado: T6

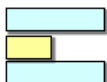


#### FORJABILIDAD



#### ANODIZADO

De protección  
Decorativo  
Anodizado duro



#### RECUBRIMIENTO

Lacado  
Galvanizado  
Níquel químico



### RADIOS DE PLEGADO

Estado	0,4<e<0,8 mm,	0,8<e<1,6 mm	1,6<e<3,2 mm,	3,2<e<4,8 mm,	4,8<e<6 mm,	6<e<10 mm,	10<e<12 mm,
0	0	0,5	1	1	1	1,5	2
T4	0,5	1	1,5	2,5	3	3,5	4
T6	1,5	2,5	3,5	3,5	4	4,5	5

Multiplicar el coeficiente por el espesor (e) de la chapa

Taula 4: Característiques mecàniques del material segons el seu fabricant

## -6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALEACIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65
T6	415	325	22	340	290	18	325	285	18	310	275	17	290	260	18

Estado	+150°C			+205°C			+260°C			+315°C			+370°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65
T6	235	215	20	130	105	28	50	34	60	32	19	85	21	12	95

Rm N/mm<sup>2</sup> ; Rp N/mm<sup>2</sup> ; A 5,65 %

Según normas A.A.

## TRATAMIENTOS DEL ALUMINIO

Estado	Tratamiento de puesta en solución T°C	Medio de temple	Tratamientos de maduración artificial. Mantenimiento a T° en horas	Maduración natural.
T4	530°C± 5 °C	Agua a 40°C máx.		4 días mínimo
T6	530°C± 5 °C		(**) 8 horas a 175± 5°C ó 6 horas a 185± 5°C	

(\*\*) Este tratamiento da mejores características mecánicas y alargamiento.

Intervalo de temperatura de forja: 350° – 500°C

Recocido total: 420°C, con enfriamiento lento hasta 250°C

Recocido contra acritud: 340°C

1 kg / mm<sup>2</sup> = 9,81 N/mm<sup>2</sup> ; 1N/mm<sup>2</sup> = 1MPa

## APLICACIONES

Se aplica en la industria para la fabricación de moldes, troqueles, maquinaria, herramientas, vehículos, ultraligeros, vagones de ferrocarril, industria naval, piezas de bicicletas, muebles, oleoductos, estructuras de camiones, construcciones navales, puentes, usos civiles y militares, calderería, torres y postes, construcción de calderas, motoras, aplicaciones aeroespaciales, cobertura de rotores de helicópteros, remaches, etc.

## OBSERVACIONES

Es una aleación desarrollada para cubrir en características mecánicas el campo entre la 6063 y las aleaciones del grupo AlCu y AlZn. El tiempo entre el temple y la maduración artificial no debe superar las 2 horas. Esta aleación que endurece por tratamiento térmico, tiene una buena aptitud a la soldadura pero pierde casi un 30% de la carga de rotura en la zona soldada.

## Moviments axials

En primer lloc cal determinar la força d'avanç que requerirà el capçal per treballar en perfectes condicions l'alumini 6061.

Aquesta força és, la que necessiten fer els motors acoblats en el cargol per moure l'estructura que transporta el motor de fresat, és a dir la força resultant de tot el mecanisme del cargol sense fi.

Aquest valor l'obtindrem a partir de la següent formula:

*Equació 1: Força d'avanç*

$$Ff = 0.7 * \frac{D}{2} * f * kc$$

On:

D= diàmetre [mm]

f = avanç per revolució [mm/rev.]

kc = força específica de tall [Mpa]

Es suposarà que el diàmetre de la broca és de 13 mm, ja que la gran majoria de motors comercials que es venen en internet destinats per aquesta finalitat, poden agafar com a molt una broca de diàmetre 13 mm.

L'avanç per revolució es pot calcular a partir dels mil·límetres (lineals) per dent que arrenca la broca, aquest valor es determina en la taula 14 que es mostra en les següents pàgines.

Com s'ha pogut veure en l'anàlisi de viabilitat, realitzat anteriorment, una de les velocitats d'avanç (mentre el motor principal esta treballant) més comuns en el mercat són 8000 mm/min, per tant per aquest projecte s'agafarà el mateix criteri, això vol dir que si els variadors de potencia més comuns permeten girar el motor a 24000 voltes per minut, una broca avançarà 0.33 mm /volta.

Tot i així, aquest valor d'avanç seria el adequat per una broca que només incorpora una aspa. Com que el mercat de broques de tall és tan extens el següent càlcul es farà comptant que la broca te 4 aspes, ja que són les més comuns en les de diàmetre de 13 mm però es mantindrà la velocitat de abans esmentada.

En el cas s'utilitzi una broca que té 4 aspes de tall i es suposa que es te un avanç mig de 0.3 mm/dent. Vol dir que cada revolució que fa, la broca avança 1.2 mm per revolució i per dent. Per obtenir la força específica de tall, també sobte de la taula 14.

$$Ff = 0.7 * \frac{D}{2} * f * kc = 0.7 * \frac{13}{2} * 1.2 * 400 = 2184 N$$

Aquest valor pot variar a partir de el diàmetre de broca, el número de dents efectives, les revolucions que proporciona el variador de potencia en el motor de treball i la velocitat de avanç que es vulgui establir depenent del propòsit de l'usuari.

Seguidament es desenvoluparan els càlculs necessaris per l'elecció dels cargols sense fi i les seves femelles corresponents.

En el cas d'aquest projecte s'ha optat per escollir un cargol sense fi amb una femella de rosca trapezoidal, per poder seleccionar un model dins del gran ampli mercat que hi ha actualment, s'ha triat el fabricant Tecnopower per implementar un dels seus productes que encaixi en el projecte.

Primer de tot es començarà a calcular la superfície de contacte necessària que ha de tenir la femella amb el cargol sense fi, per poder seleccionar quina femella serà necessària dins del catàleg del fabricant.

La formula serà la que s'utilitzarà per aquest càlcul:

*Equació 2: Superfície de contacte*

$$A_{erf} = \frac{F}{P_{zul}}$$

On:

- $A_{erf}$  = Superfície de contacte requerida [ mm<sup>2</sup> ]
- $F$  = Força axial que exercirem [ N ]
- $P_{zul}$  = Pressió de la superfície màxima permesa [N/mm<sup>2</sup>]. (Aquesta variable sara el valor constant 5 N/mm<sup>2</sup> el qual s'ha extret del catàleg).

Per aplicar un factor de seguretat mínim, posarem el doble de la força que es necessita perquè la femella no estigui treballant sempre al màxim de la seves possibilitats.

$$F_{x,y} = 4000 \text{ N}$$

$$P_{zul} = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{erf}(x,y) = \frac{4000}{5} = 800 \text{ mm}^2$$

Per l'eix X i l'eix Y considerarem que l'esforç el qual haurà de fer la màquina serà el mateix, però per el eix Z intuïm que la força haurà de ser menor que els altres eixos i per tant farem un segon càlcul:

$$F_z = 3000 \text{ N}$$

$$P_{zul} = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{erf}(z) = \frac{3000}{5} = 600 \text{ mm}^2$$

Ara a partir d'aquests valors, es miraran les superfícies de contacte que tenen les diferents femelles del catàleg, per escollir la més indicada. En aquest projecte s'ha escollit les femelles de bronze EFM ja que són femelles solides (no tenen components interiors

o exteriors), el seu material de fabricació ja és d'un material el qual en el món de la indústria es coneix com autolubricant i per les dimensions que hi ha dins del catàleg del fabricant, encaixen dins dels paràmetres el qual s'ha pensat prèviament per introduir en el projecte.

Taula 5: Catàleg de rosques EFM.

[[http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower\\_Tuercas\\_EFM\\_0.pdf](http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower_Tuercas_EFM_0.pdf), 1 de novembre del 2017]

Tipo	D <sub>1</sub>	D <sub>4</sub>	Dimensiones (mm)					Peso (kg)	<del>Peso</del> Area (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	6xD <sub>6</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>		
EFM Tr 16x4	28	48	38	6	44	12	8	0.25	670
EFM Tr 18x4	28	48	38	6	44	12	8	0.25	770
EFM Tr 20x4	32	55	45	7	44	12	8	0.30	870
EFM Tr 24x5	32	55	45	7	44	12	8	0.30	1040
EFM Tr 30x6	38	62	50	7	46	14	8	0.40	1370
EFM Tr 36x6	45	70	58	7	59	16	10	0.60	2140
EFM Tr 40x7	63	95	78	9	73	16	10	1.7	2930
EFM Tr 50x8	72	110	90	11	97	18	10	2.6	4900
EFM Tr 60x9	85	125	105	11	99	20	10	3.7	6040

Com que les superfícies de contacte són 800 mm<sup>2</sup> en els eixos X i Y, i 600 en l'eix Z.

Escollirem la femella EFM TR24X5 per l'eix de les X, ja que és el que té més recorregut i necessita la màxima àrea de contacte per moure homogeniament tota l'estructura amb el vinclament mínim possible.

Per l'eix Y l'instal·larà la femella EFM TR20X4, la femella EFM TR16X4 per l'eix que determinarà la profunditat (eix Z) en el qual es localitzarà el capçal.

Cada femella s'ha escollit procurant que el valor de l'àrea de la rosca sigui igual o superior a la que s'ha calculat en la Equació 2, ja que és la mínima necessària.

El diàmetre primitiu que tindrà la femella EFM TR20X4 és calculat de la següent manera:

Equació 3: Diàmetre primitiu

$$D_{prim}(x) = d - \frac{p}{2} = 24 - \frac{5}{2} = 21.5 \text{ mm}$$

El diàmetre primitiu que tindrà la femella EFM TR20X4 és:

$$D_{prim}(y) = d - \frac{p}{2} = 20 - \frac{4}{2} = 18 \text{ mm}$$

El diàmetre primitiu que tindrà la femella EFM TR16X4 és :

$$D_{prim}(z) = d - \frac{p}{2} = 16 - \frac{4}{2} = 14 \text{ mm}$$

On:

d = diàmetre [mm]

p = pas de rosca [mm]

Seguidament es buscarà la velocitat lineal màxima permesa de fregament que podran arribar cada una de les rosques escollides, segons la tipologia del seu material.

La formula que determinarà aquesta velocitat serà:

*Equació 4: Velocitat lineal màxima*

$$V_{gzul} = \frac{PV}{P_{zul}}$$

On:

Vgzul = velocitat lineal màxima permesa segons el seu material (per fregament) [m/min]

PV = factor pressió velocitat [N/mm<sup>2</sup>·m/min] aquest factor l'escollirem de la següent taula:

*Taula 6: Factors PV*

[[http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower\\_Tuercas\\_EFM\\_0.pdf](http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower_Tuercas_EFM_0.pdf), 4 de novembre del 2017]

#### Factores de pv

Material	Factor de pv (N/mm <sup>2</sup> · m/min)
G-CuSn 7 ZnPb (Rg 7)	300
G-CuSn 12 (G SnBz (Rg 12)	400
Plástico NEKU 1	100
Acero de fundición GG 22 / GG 25	200

El factor PV de la femella escollida és 300 [N/mm<sup>2</sup>·m/min]

Pzul = Pressió de la superfície màxima permesa [N/mm<sup>2</sup>]. (Aquesta variable sara el valor constant 5 N/mm<sup>2</sup> el qual s'ha extret del catàleg).

En tots els casos tindrem el mateix material en la femella per tan només calcularem una Vgzul per tots els eixos.

$$V_{gzul}(x, y, z) = \frac{300}{5} = 60 \text{ m/min}$$

Com es pot veure, és una velocitat molt alta, però això determina en quin punt el material de la femella no treballaria en el seu rang de màxim rendiment.

Josep Devesa Pérez

Grau en Enginyeria Mecànica

Per tant, a partir d'aquest valor podrem obtenir la velocitat màxima de rotació la qual dependrà del diàmetre primitiu calculat prèviament.

*Equació 5: Velocitat màxima de rotació*

$$n = \frac{V_{gzul} * 1000}{D_{prim} * \pi}$$

On:

$n$  = Velocitat màxima de rotacional [ $\text{min}^{-1}$ ]

$V_{gzul}$  = velocitat lineal màxima permesa segons el seu material [ $\text{m/min}$ ]

$D_{prim}$  = diàmetre primitiu

En el primer, cas en l'eix X tenim un diàmetre primitiu de 21.5 , per tant:

$$n(x, y) = \frac{60 * 1000}{21.5 * \pi} = 888.31 \text{ min.}^{-1}$$

En el segon, cas en l'eix Y tenim un diàmetre primitiu de 18 , per tant:

$$n(x, y) = \frac{60 * 1000}{18 * \pi} = 1061 \text{ min.}^{-1}$$

En el tercer, cas en l'eix Z que tenim un diàmetre primitiu de 14:

$$n(z) = \frac{60 * 1000}{14 * \pi} = 1364 \text{ min.}^{-1}$$

A partir d'aquests valors anteriors es podrà obtenir la velocitat lineal d'avanç real que podrà arribar la femella.

*Equació 6: Velocitat lineal d'avanç*

$$s = n * \frac{P}{1000}$$

On:

$s$  = velocitat lineal [ $\text{m/min}$ ]

$n$  = Velocitat màxima de rotacional [ $\text{min}^{-1}$ ]

$P$  = Pas de la rosca [ $\text{mm}$ ]

En l'eix X, es podrà anar a una velocitat d'avanç:

$$s(x) = 888.31 * \frac{5}{1000} = 4.442 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

En l'eix Y, es podrà anar a una velocitat d'avanç:

$$s(y) = 1061 * \frac{4}{1000} = 4.244 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$



I en el eix Z s'obtindrà una velocitat d'avang:

$$s(z) = 1364 * \frac{4}{1000} = 5.456 \frac{m}{min}$$

A partir de aquí, ja s'han establert tots els paràmetres que condicionaran les femelles que s'implementaran en el projecte. Ara també cal denominar el cargol sense fi que s'utilitzarà.

Dins del catàleg s'ha pogut veure dues categories de cargols sense fi: els de precisió i els de sense precisió. Com que un dels objectius principals del projecte és garantir la màxima precisió possible dintre dels límits establerts, doncs s'han escollit els cargols sense fi de precisió.

Taula 7: Catàleg de cargols sense fi per les rosques EFM

[[http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower\\_Tuercas\\_EFM\\_0.pdf](http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower_Tuercas_EFM_0.pdf), 4 de novembre del 2017]

Tipo	RPTS	BR
Rosca	Rosca métrica trapezoidal ISO según DIN 103, 7e	Rosca métrica trapezoidal ISO según DIN 103, 9c
Diámetro	10 hasta 80 mm	15 hasta 60 mm
Paso	De 2 a 24mm	De 3 a 9 mm
Número de entradas	Hasta 6 entradas	Hasta tres entradas
Dirección de la rosca	Rosca derecha, entrada individual y rosca izquierda (con una entrada) bajo pedido.	Rosca derecha, rosca izquierda disponible bajo pedido
Longitud	Hasta 3000 mm para husillos hasta Tr 18x4, hasta 6000 mm desde Tr 20x4	Estándar: 5.600 mm
Material	1.0401 (acero C15 con tratamiento superficial), recocido, soldable.	F114 estándar, especial bajo pedido
Error de paso	50 a 300 µm/300 mm	300 µm/300 mm
Rectitud	0,1 a 0,5 mm/300 mm	1,5 mm/300 mm
Husillos con rosca derecha e izquierda	Para pasos de 3/4/5/6 mm	Bajo pedido
Tratamiento final	De acuerdo con las exigencias del cliente	Bajo pedido



Il·lustració 27: Renderitzat de una rosca EFM amb el seu cargol sense fi

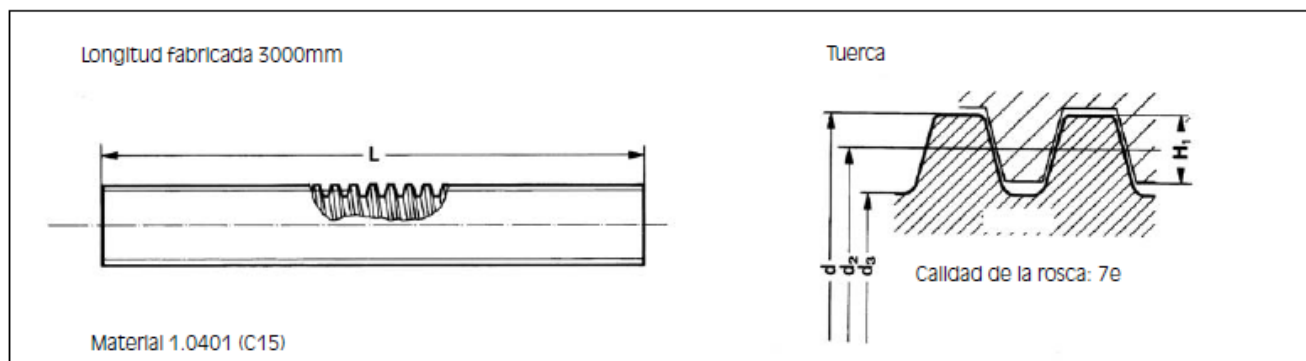
[<http://www.tecnopower.es/not%C3%ADcias/husillo-de-rosca-trapecial>, 4 de novembre del 2017]

En el catàleg incorpora els següents models:

Taula 8: Catàleg de cargols sense fi per les rosques EFM

[[http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower\\_Husillos\\_trapeciales\\_laminados.pdf](http://www.tecnopower.es/sites/default/files/Tecnopower_Husillos_trapeciales_laminados.pdf), 11 de novembre del 2017]

## Husillos trapezoidales de precisión laminados RPTS



Tipo <sup>1)</sup>	d	Dimensiones			H <sub>1</sub>	Precisión μmm/ 300 mm	Rectitud μmm/ 300 mm	2)	3)	Peso [kg/m]	Momento de Inercia polar [cm <sup>4</sup> ]	Momento de resistencia <sup>4)</sup> [cm <sup>3</sup> ]	Momento de Inercia [kgm <sup>2</sup> /m]
RPTS Tr 10x2	10	8.739	8.929	6.89	1	300	0.5	4°2'	0.40	0.500	0.011	0.032	0.51·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 10x3	10	8.191	8.415	5.84	1.5	300	0.5	6°24'	0.51	0.466	0.0057	0.020	0.40·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 12x3	12	10.191	10.415	7.84	1.5	300	0.5	5°11'	0.46	0.746	0.019	0.047	1.03·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 12x6 P3	12	10.165	10.415	7.84	1.5	300	0.5	10°18'	0.62	0.746	0.019	0.047	1.03·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 14x3	14	12.191	12.415	9.84	1.5	300	0.5	4°22'	0.42	1.04	0.046	0.094	2.04·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 14x4	14	11.640	11.905	8.80	2	300	0.5	6°3'	0.50	0.888	0.029	0.067	1.60·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 16x4	16	13.640	13.905	10.80	2	50	0.1	5°11'	0.46	1.21	0.067	0.124	2.96·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 16x8 P4	16	13.608	13.905	10.80	2	300	0.3	10°18'	0.62	1.20	0.067	0.124	2.96·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 18x4	18	15.640	15.905	12.80	2	50	0.1	4°32'	0.43	1.58	0.132	0.206	5.05·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x4 <sup>5)</sup>	20	17.640	17.905	14.8	2	50	0.1	4°2'	0.40	2.00	0.236	0.318	8.10·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x8 P4	20	17.608	17.905	14.8	2	200	0.2	8°3'	0.57	2.00	0.236	0.318	8.10·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x16 P4	20	17.608	17.905	14.8	2	200	0.2	15°47'	0.71	2.00	0.236	0.318	8.10·10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 22x5	22	19.114	19.394	15.50	2.5	50	0.1	4°39'	0.43	2.23	0.283	0.366	1.00·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 22x24 P4S <sup>5)</sup>	22	19.140	19.505	16.50	2.5	200	0.2	21°34'	0.75	2.23	0.364	0.411	1.00·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 24x5	24	21.094	21.394	17.50	2.5	50	0.1	4°14'	0.41	2.72	0.460	0.526	1.50·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 24x10P5	24	21.058	21.394	17.50	2.5	200	0.2	8°25'	0.58	2.72	0.460	0.526	1.50·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 26x5	26	23.094	23.394	19.50	2.5	50	0.1	3°52'	0.39	3.26	0.710	0.728	2.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 28x5	28	25.094	25.394	21.50	2.5	50	0.1	3°34'	0.37	3.85	1.05	0.976	3.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 30x6	30	26.547	26.882	21.90	3	50	0.1	4°2'	0.40	4.50	1.13	1.03	4.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 30x12 P6	30	26.507	26.882	21.90	3	200	0.2	8°3'	0.57	4.50	1.13	1.03	4.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 32x6	32	28.547	28.882	23.90	3	50	0.1	3°46'	0.38	5.18	1.60	1.34	5.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 36x6	36	32.547	32.882	27.90	3	50	0.1	3°18'	0.35	6.71	2.97	2.13	9.0·10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 40x7	40	36.020	36.375	30.50	3.5	50	0.1	3°29'	0.37	8.00	4.25	2.79	1.3·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 40x14 P7	40	35.978	36.375	30.50	3.5	200	0.2	6°57'	0.53	8.00	4.25	2.79	1.3·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 44x7	44	40.020	40.275	34.50	3.5	50	0.1	3°8'	0.34	9.87	6.95	4.03	2.0·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 48x8	48	43.468	43.868	37.80	4	100	0.1	3°18'	0.35	12.0	10.0	5.30	2.9·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 50x8	50	45.468	45.868	39.30	4	100	0.1	3°10'	0.34	13.1	11.7	5.96	3.4·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 60x9	60	54.935	55.360	48.15	4.5	200	0.3	2°57'	0.33	18.0	26.4	11.0	6.9·10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 70x10	70	64.425	64.850	57.00	5	200	0.3	2°48'	0.32	26.0	51.8	18.2	1.4·10 <sup>-2</sup>
RPTS Tr 80x10	80	74.425	74.850	67.00	5	200	0.3	2°25'	0.29	34.7	98.9	29.5	2.4·10 <sup>-2</sup>

<sup>1)</sup> Tr 20x4 significa: rosca trapezoidal con un diámetro exterior d=20mm, de una entrada, con paso de 4mm con rosca derecha o izquierda

Tr 20x8 P4 significa: rosca trapezoidal con un diámetro exterior d=20mm, de dos entradas, con paso de 8mm, con sólo rosca derecha

<sup>2)</sup> Ángulo de inclinación de la rosca: ver fórmula pág.51

<sup>3)</sup> El coeficiente teórico para convertir el movimiento rotativo a movimiento lineal con coeficiente de fricción  $\mu = 0.1$ . Eficacia para otros coeficientes de fricción; ver fórmula pág.51

<sup>4)</sup> El momento de Inercia polar es el doble que el momento de Inercia

<sup>5)</sup> Perfil especial

<sup>6)</sup> Hasta una longitud de 6000mm. Se realizan cortes según la medida deseada por el cliente

<sup>7)</sup> El diámetro de fondo es según norma DIN 103

Després de trobar la velocitat a la qual podrà avançar cada un dels eixos de moviment de la fresadora, també s'ha de tenir en compte que al ser cargols sense fi d'una secció molt petita i a la vegada molt llargs, doncs és probable que, a certes velocitats puguin vibrar i/o fer vinclament provocar un mal funcionament de tot el conjunt.

Una de les formules que es pot utilitzar per calcular la velocitat màxima de rotació és la següent:

Equació 7: Velocitat màxima de rotació

$$Nr = Nkr * fkr * ckr$$

Aquesta equació és totalment informativa, ja que s'utilitzarà properament per poder completar el càlcul de la força que pot desplaçar la rosca de cada eix.

En aquesta equació, cal remarcar que la part que és més interessant és la part central de la equació, perquè només trobant el valor de  $Nkr$  (velocitat teòrica crítica rotacional) ja tenim un dels valors necessaris, i si aquest valor el multipliquem per el factor  $fkr$  (factor de correcció) obtenim la freqüència de gir màxima per evitar la ressonància de l'eix.

On:

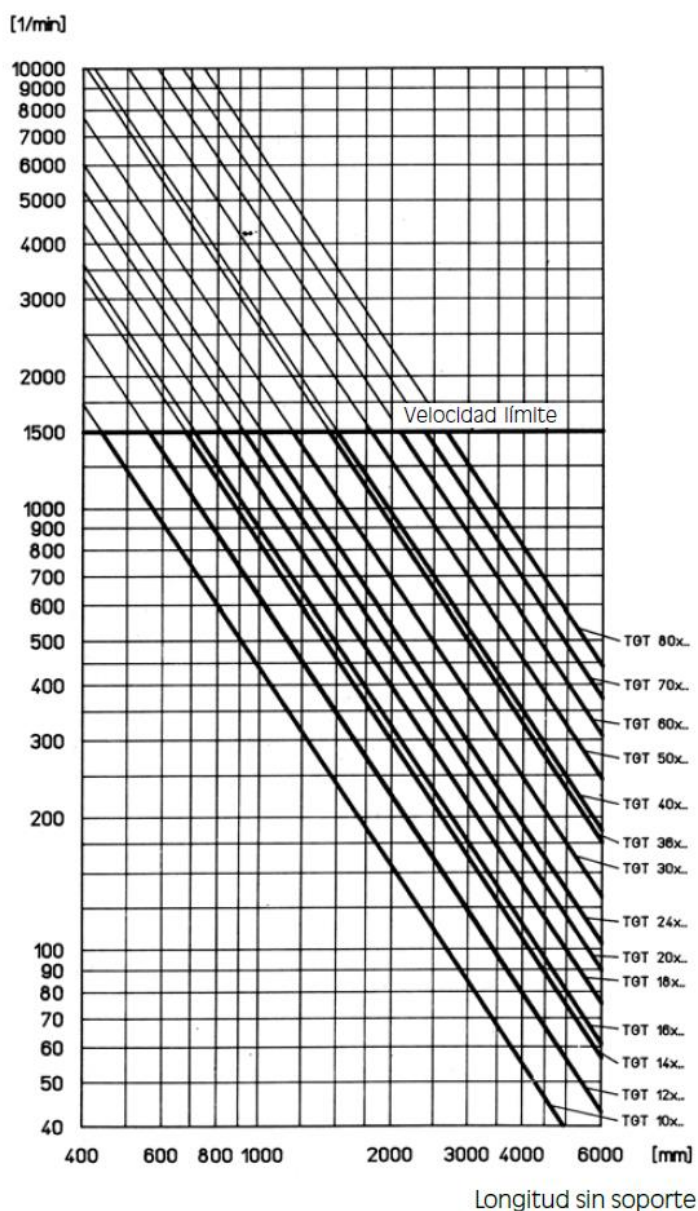
$Nr$  = velocitat de rotació del eix. [ $\text{min}^{-1}$ ]

$Nkr$  = velocitat teòrica crítica del cargol sense fi que pot tenir efectes de ressonància. [ $\text{min}^{-1}$ ]

Com que en aquest projecte l'eix X que transportarà tot el capçal cap a una direcció serà de uns 1000 mm de longitud aproximadament i farem servir la rosca RPTS TR 24X5 doncs obtenim unes revolucions màximes a la qual es podrà sotmetre aquest eix de  $1500 \text{ min}^{-1}$

Taula 9: Taula de velocitats crítiques teòriques

[[http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo\\_de\\_potencia/tecnopower.1.pdf](http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo_de_potencia/tecnopower.1.pdf), 11 de novembre del 2017]



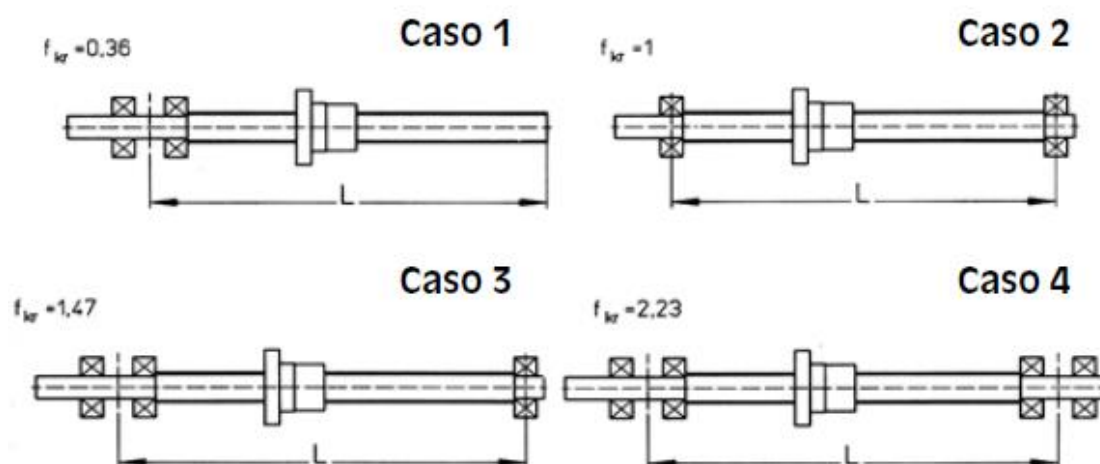
En el cas del eix de les Y la tipologia del eix es la mateixa, però la longitud és diferent. En aquest eix la longitud és de 620 mm doncs obtindrem una velocitat màxima de rotació de uns  $3000 \text{ min}^{-1}$  aproximadament.

I en l'eix Z el qual té una longitud de 200 mm i amb un eix RPTS TR 16X4 al no tenir el valor a la taula, podem estimar visualment que serà aproximadament uns  $5000 \text{ min}^{-1}$

$f_{kr}$  = factor de correcció que permet l'assignació del tipus de muntatge del cargol sense fi.

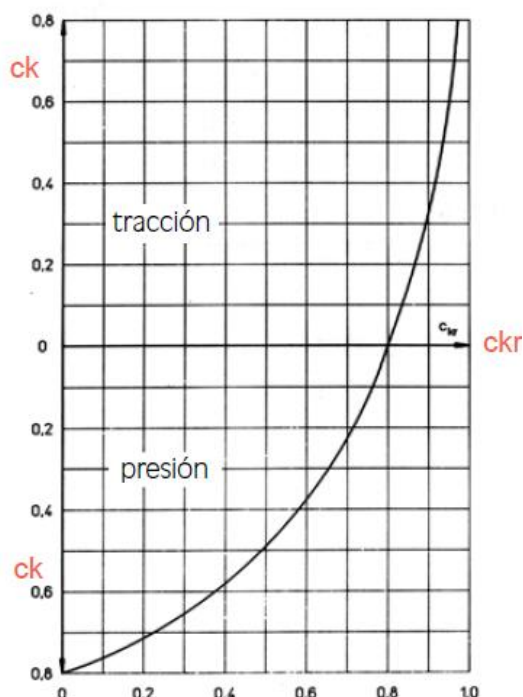
Taula 10: Taula de factors de correcció segons el disseny estructural de l'eix

[[http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo\\_de\\_potencia/tecnopower.1.pdf](http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo_de_potencia/tecnopower.1.pdf), 12 de novembre del 2017]



Taula 11: Taula per trobar els factors de correcció

[[http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo\\_de\\_potencia/tecnopower.1.pdf](http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo_de_potencia/tecnopower.1.pdf), 14 de novembre del 2017]



En tots els casos dels nostres eixos la  $f_{kr}$  serà igual a 1 (cas 2).

$c_{kr}$  = factor de correcció que permet la assignació de la força crítica de flexió lateral "Fk"

Per trobar aquest valor, s'aïllarà la variable de l'equació 7 i s'utilitzaran les velocitats crítiques de rotació del eix trobades anteriorment en la taula 9 i també les velocitats màximes de les femelles.

Equació 8: Factor de correcció

$$c_{kr} = \frac{N_r}{n_{kr} * f_{kr}}$$

Com bé es pot apreciar cada eix al tenir una longitud menor que l'altre les velocitats crítiques augmenten gràcies a que al reduir la distància del eix i al tenir uns diàmetres molt similars doncs es converteixen molt més estables en quan al vinclament.



En apartats anteriors s'ha calculat les velocitats màximes a les quals podrien girar els eixos segons la seva longitud i la femella acoblada. A partir d'aquestes velocitats es veurà si és possible que entri en ressonància i també es podrà obtenir els valors ckr de cada eix.

En l'eix X, la màxima velocitat de rotació sense entrar en ressonància, segons les característiques de la femella, és de  $1500 \text{ min}^{-1}$  i en aquest eix s'ha calculat anteriorment que anirà com a màxim a una velocitat de rotació de  $888.31 \text{ min}^{-1}$ .

Per tant podem afirmar que hem dimensionat bé l'eix ja que en el cas que el portem a màximes revolucions no ens entrarà en ressonància i s'evitarà que tingui un mal funcionament.

Per altra banda el eix de les Y, com que també s'ha calculat la velocitat de rotació màxima, segons la femella anteriorment,  $1061 \text{ min}^{-1}$ , també podem afirmar que no entrarà en ressonància, ja que la velocitat de gir que necessita per entrar en vibracions amb relació a la seva longitud és de  $3000 \text{ min}^{-1}$  i és una velocitat quasi tres vegades més superior a la seva velocitat de gir.

Finalment l'eix Z, com be s'ha calculat anteriorment, tindrà una rotació màxima de  $1364 \text{ min}^{-1}$  i la velocitat a la qual entra en ressonància és  $5000 \text{ min}^{-1}$  per tant, també podem dir que mai en aquest projecte arribarà a entrar en velocitats tan altes com la velocitat crítica.

Sabent que, les velocitats que tindran els eixos escollits no seran problemàtiques en el seu funcionament mecànic habitual, el darrer pas és obtenir el valor ckr de cada eix per saber la força màxima que podran desplaçar aquests.

El valor ckr s'obtindrà amb la formula redactada anteriorment:

$$ckr = \frac{Nr}{nkr * fkr}$$

En el cas de l'eix de coordenades X:

$$ckr(x) = \frac{888.31}{1500 * 1} = 0.5922 \approx 0.59$$

En el cas del eix Y:

$$ckr(y) = \frac{1061}{3000 * 1} = 0.3536 \approx 0.35$$

En eix de les coordenades Z:

$$ckr(z) = \frac{1364}{5000 * 1} = 0.2728 \approx 0.30$$

D'aquests valors obtinguts, aprofitant la taula 11 podrem saber la variable ck.

ck= factor de correcció que determina la velocitat crítica.

El factor  $c_k$  de cada cas és :

- $c_k$  de eix X = 0.41 (treballant a tracció)
- $c_k$  de eix Y = 0.62 (treballant a pressió)
- $c_k$  de eix Z = 0.65 (treballant a pressió)

Gracies als valors calculats anteriorment ( $c_k$ ,  $C_{kr}$ ) podrem calcular la força màxima axial permesa que podrà exercir el cargol sense fi escollit.

Aquesta variable ens vindrà determinada per la següent equació:

Equació 9: Força màxima axial

$$F_{max} = F_k * F_c * c_k$$

On:

$F_{max}$  = força màxima axial permesa. [kN]

$F_k$  = Força teòrica crítica de flexió. [kN]

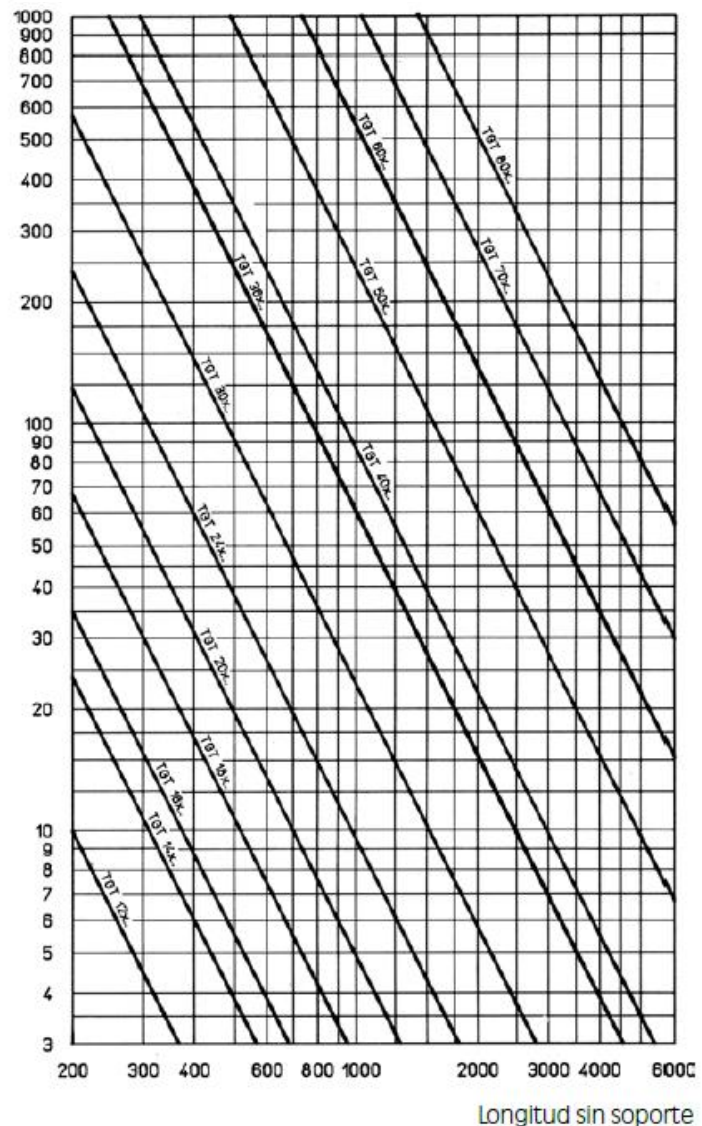
Com en cada apartat, cada eix tindrà les seves propietats.

En l'eix X, el qual s'ha escollit un eix RPTS TR 24X5 amb una longitud de 1000 mm es té una força de flexió teòrica crítica de 9,5 kN.

En el eix Y, amb la referencia RPTS TR 20X4 i una longitud de 620 mm, té una força de flexió teòrica crítica de 12,5 kN.

I en l'eix Z de referencia RPTS TR 16X4 i amb una longitud de 200 mm ens pot suportar 68 kN.

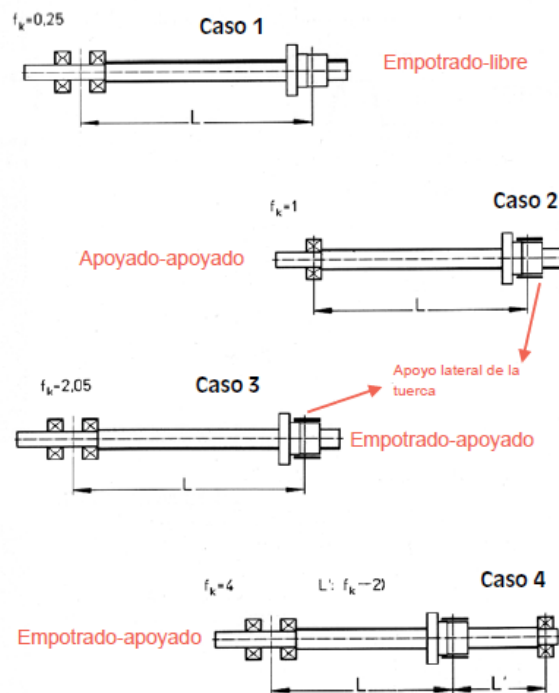
Taula 12: Taula per determinar la força teòrica crítica de flexió  
[[http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo\\_de\\_potencia/tecnopower.1.pdf](http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo_de_potencia/tecnopower.1.pdf), 15 de novembre del 2017]



$F_c$  = factor de correcció per els diferents tipus de fixació del cargol sense fi. [kN]

Taula 13: Taula per escollir el factor de correcció

[[http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo\\_de\\_potencia/tecnopower.1.pdf](http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/tornillo_de_potencia/tecnopower.1.pdf), 15 de novembre del 2017]



En tots els casos del projecte la  $F_c$  (anomenada  $f_k$  en la taula) serà sempre 1, ja que el disseny el qual establimem serà format per dos recolzaments.

$c_k$  = factor de correcció que determina la velocitat crítica.

A partir d'aquests valors ja es pot resoldre la equació 9:

$$F_{max} = F_k * F_c * c_k$$

En l'eix X:

$$F_{max}(x) = 9.5 * 1 * 0.59 = 5.61 \text{ kN} \approx 571.36 \text{ kg}$$

En l'eix Y:

$$F_{max}(y) = 12.5 * 1 * 0.62 = 7.58 \text{ kN} \approx 772.68 \text{ kg}$$

En l'eix z:

$$F_{max}(z) = 68 * 1 * 0.65 = 44.2 \text{ kN} \approx 4505.61 \text{ kg}$$

Aquest resultats que s'han obtingut són les masses que pot moure cada un dels eixos, girant a la màxima velocitat permesa per la seva femella .



Un altre factor a considerar és el parell necessari que s'ha de aplicar en els eixos. Aquest factor depèn de la cara axial que s'apliqui, el pas del cargol, la eficiència mecànica del cargol i dels rodaments que s'instal·len en el mecanisme.

L'equació que s'utilitzarà per obtenir aquest valor és la següent:

*Equació 10: Parell necessari que s'ha de aplicar en el cargol sense fi*

$$Md = \frac{F * P}{2000 * \pi * \eta_a} + M_{rot}$$

On:

Md = Moment necessari d'aplicació en el cargol sense fi. [N·m]

F = Carrega axial total. [N]

P = Pas del cargol sense fi. [mm]

$\eta_a$  = Rendiment del sistema mecànic

- El rendiment del sistema es pot definir amb una equació secundària:

*Equació 11: Rendiment del sistema*

$$\eta_a = \eta_{TGT} * \eta(\text{rodament fixe}) * \eta(\text{rodament mobil})$$

- On :  $\eta_{TGT}$  = Rendiment el qual es troba al catàleg de especificacions anomenat com "3)" i en la llegenda del catàleg redacta que aquesta numeració vol dir: El coeficient teòric per convertir el moviment rotatiu a moviment lineal amb coeficient de fricció  $\mu = 0.1$ .

RPTS TR 24X5 :  $\eta_{TGT} = 0.41$  (eix X)

RPTS TR 20X4 :  $\eta_{TGT} = 0.40$  (eix Y)

RPTS TR 16X4 :  $\eta_{TGT} = 0.46$  (eix Z)

- $\eta(\text{rodament fixe})$  = És un rendiment el qual varia des de 0.9 – 0.95, per poder estimar els pitjors dels casos aquest rendiment l'igualarem a 0.9.
- $\eta(\text{rodament mobil})$  = El valor del rendiment és 0.95

- En l'eix X:

$$\eta_a(x) = 0.41 * 0.9 * 0.95 = 0.351$$

- En l'eix Y:

$$\eta_a(y) = 0.40 * 0.9 * 0.95 = 0.342$$

- En l'eix Z:

$$\eta_a(z) = 0.46 * 0.9 * 0.95 = 0.393$$

$M_{rot}$  = Parell de acceleració [N·m]

- El Moment d'acceleració es pot definir amb una equació:

*Equació 12: Moment d'acceleració*

- $M_{rot} = J_{rot} * \alpha_0$ 
  - On:  $J_{rot}$  = moment d'inèrcia [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]
  - $\alpha_0$  = acceleració angular [ $1/\text{s}^2$ ]

*Equació 13: Moment d'inèrcia*

- $J_{rot} = 7.7 * d^4 * L * 10^{-13}$ 
  - On:  $d$  = diàmetre nominal del cargol [mm]
  - $L$  = longitud de cargol [mm]

Dades del projecte en qüestió per resoldre les equacions anteriors:

$d_x = 21.5 \text{ mm}$ ,  $d_y = 18 \text{ mm}$ ,  $d_z = 14$ ,  $L_x = 1000 \text{ mm}$ ,  $L_y = 620 \text{ mm}$ ,  $L_z = 200 \text{ mm}$

$$J_{rot}(x) = 7.7 * 21.5^4 * 1000 * 10^{-13} = 1.645 * 10^{-4} [\text{kgm}^2]$$

$$J_{rot}(y) = 7.7 * 18^4 * 620 * 10^{-13} = 5.011 * 10^{-5} [\text{kgm}^2]$$

$$J_{rot}(z) = 7.7 * 14^4 * 200 * 10^{-13} = 6.916 * 10^{-6} [\text{kgm}^2]$$

L'acceleració angular de cada motor seran les següents:

Suposant que el motor establirà el seu valor màxim de rotació (fins el límit de no arribar a la ressonància del eix corresponent) en un màxim de 0.5 segons.

*Equació 14: Acceleració angular*

$$\alpha_0 = \frac{\omega}{t}$$

On:  $\omega$  = velocitat angular [ $\text{s}^{-1}$ ]

$t$  = temps que trigarà el motor a arribar a la velocitat angular  $\omega$  des de zero.

Sabent que les velocitats que s'han trobat anteriorment són:

Eix X:  $1500 \text{ min}^{-1} = 25.00 \text{ s}^{-1}$

Eix Y:  $3000 \text{ min}^{-1} = 50.00 \text{ s}^{-1}$

Eix Z:  $5000 \text{ min}^{-1} = 83.33 \text{ s}^{-1}$

$$\alpha_{0(x)} = \frac{\omega(x)}{t} = \frac{25}{0.5} = 50 \text{ s}^{-2}$$

$$\alpha_{0(y)} = \frac{\omega(y)}{t} = \frac{50}{0.5} = 100 \text{ s}^{-2}$$

$$\alpha_{0(z)} = \frac{\omega(z)}{t} = \frac{83.33}{0.5} = 166.66 \text{ s}^{-2}$$

Seguidament, ja s'han obtingut totes les dades per resoldre l'equació del parell d'acceleració:

$$M_{rot}(x) = J_{rot}(x) * \alpha_{0(x)} = 1.645 * 10^{-4} * 50 = 8.225 * 10^{-3} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$M_{rot}(y) = J_{rot}(y) * \alpha_{0(y)} = 5.011 * 10^{-5} * 100 = 5.0111 * 10^{-3} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$M_{rot}(z) = J_{rot}(z) * \alpha_{0(z)} = 6.916 * 10^{-6} * 166.66 = 1.1525 * 10^{-3} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

I ara ja tenim totes les dades per poder obtenir el parell necessari que cal aplicar a cada eix.

En aquest moment farem servir totes les dades anteriors que s'han calculat prèviament, com la carrega axial màxima que pot moure cada eix, el pas, el rendiment del sistema mecànic i el parell d'acceleració.

$$M_d(x) = \frac{F_{max}(x) * P}{2000 * \pi * \eta a(x)} + M_{rot}(x) = \frac{5605 * 5}{2000 * \pi * 0.351} + 8.225 * 10^{-3} = 12.7157$$

$$M_d(y) = \frac{F_{max}(y) * P}{2000 * \pi * \eta a(y)} + M_{rot}(y) = \frac{7580 * 4}{2000 * \pi * 0.342} + 5.0111 * 10^{-3} = 14.1149$$

$$M_d(z) = \frac{F_{max}(z) * P}{2000 * \pi * \eta a(z)} + M_{rot}(z) = \frac{44200 * 4}{2000 * \pi * 0.393} + 1.1525 * 10^{-3} = 71.6006$$

A partir d'aquí podem veure si el motor que s'ha escollit té les propietats necessàries per assolir aquests màxims.

Com bé es pot apreciar el motor nema 23HS8430 pot assolir perfectament aquests paràmetres, ja que el seu parell màxim que pot assolir és de 180 N·cm que són 18000 N·m = 18 kN·m.

Un altre dels càlculs que és necessari fer per conèixer l'error d'avanç lineal en els cargols sense fi, en el cas que, un dels motors pas a pas es de-sincronitzés en una posició dels pols que hi ha en el rotor.

Es a dir tal i com s'ha explicat anteriorment el rotor dels motors pas a pas està replet de imants incrustats els quals són els passos que va fent el motor cada vegada que canvien de polaritat les bobines del estator. Però aquests motors poden provocar error en el desplaçament si la força de gir que provoca el motor és inferior a la carga que ha de moure, això provoca un desplaçament de pols.

Per poder interpretar bé aquesta situació s'ha de tenir en compte que en el cas dels motors NEMA escollits prèviament incorporen una totalitat de 200 pols posicionats paral·lelament en del perímetre del rotor, per tant, en una circumferència de 360º podem dir que cada 1,8º hi ha posionat un imant, i la separació que hi ha entre pas i pas és de 1,8º.

*Equació 15: Divisió de pols*

$$\text{divisió de pols} = \frac{360^\circ}{n^\circ \text{ de pols}} = \frac{360^\circ}{200} = 1,8^\circ \text{ entre pol i pol}$$

Així doncs sabent que, hi ha 1,8º entre cada imant del rotor i que el pas de la rosca és 4 mm cada 360º.

*Equació 16: Error d'avanç*

$$\text{Error d'avanç} = \text{pas} * \text{divisió de pols} = \frac{4\text{mm}}{360^\circ} * 1,8^\circ = 0.02 \text{ mm}$$

Per tant en cas que el motor saltes un dels pols a causa de un sobre esforç, fallaria 0.02 mm, que ja entre dins del error el qual s'ha plantejat en el objectiu del treball, aquest factor implica en que no serà necessari incorporar encoders en els motors de transport axial sempre i quan treballem dins de el rang de força que permet suportar el motor. També s'ha de tenir en compte que si la màquina no calibra la posició dels motors cada vegada que esta en posició "home" s'anirà acumulant l'error i llavors si que serà necessari incorporar un encoder en cada motor de posició.

## Motor principal

En aquest apartat es calcularà les forces que actuen directament en el motor de fresat, la potencia i el moment que necessita fer el motor per fresar el material plantejat en els objectius (alumini 6061). També es calcularà la força d'avanç que necessiten fer els motors que van acoblats als cargols sense fi que mouen l'estructura. En el final d'aquest apartat s'inclouran altres formules que poden ser valides per el lector en cas que vulgui enfocar aquest projecte des de una altre perspectiva.

Aquests valors ajudaran a determinar també el moment que crearà la força d'avanç aplicat en els patins guia, que transporten el pont de la fresadora.

En primer lloc, es calcularà la potència de tall que es necessita per un alumini tou (com podria ser el alumini 6061) aquesta valor ens determinarà quina potencia necessita el motor per poder fresar aquest material.

*Equació 17: Potència de tall*

$$P_c = \frac{a_p * a_e * v_f * K_c}{60 \times 10^6 * \eta}$$

On:

$P_c$  = potencia de tall del motor principal de la màquina [Kw]

$a_p$  = profunditat de tall [mm]

$a_e$  = amplada del tall (diàmetre de l'eina) [mm]

$v_f$  = velocitat d'avanç del capçal o la taula [mm/min]

$K_c$  = força especifica de tall [Mpa]

$\eta$  = rendiment del motor

En aquest apartat apareixen molts factors que s'han de determinar a partir de com l'usuari vol que treballi la màquina.

En aquest cas es determinaran els següents valors com a tipologia de treball estàndard de la màquina.

- $A_p = 2$  mm
- $A_e = 13$  mm aquest valor s'ha establert a partir diàmetre màxim de broca que poden subjectar la majoria de motors comercials per fresadores que es pot trobar a internet.
- $V_f = 8000$  mm/min. S'ha agafat aquest valor, tot i que els motors de posició no assoliran aquestes velocitats, però així establim també un valor molt més superior al real per fer-ho servir de factor de seguretat.
- $K_c = 400$  Mpa. Aquest valor s'han triat en la taula 14, depenent del material que es vulgui tallar i l'avanç per dent en cada revolució de l'eina. En aquest cas concret es pretén tallar una aliatge tou d'alumini amb magnesi (al-Mg) i amb un avanç per dent de 0.3 mm.

- $\eta = 0.7$  aquest valor s'ha establert com a valor mig (de tots els rendiments dels diferents motors trobats a la web) que pot tenir el rendiment del motor, ja que molts dels que s'han trobat en el mercat no determinaven el seu rendiment mecànic i per tant s'ha optat per establir un valor estimat.

$$P_c = \frac{ap * ae * vf * Kc}{60x10^6 * \eta} = \frac{2 * 13 * 8000 * 400}{60 * 10^6 * 0.7} = 1.98Kw$$

Equació 18: Potència de tall neta

$$P_{c \text{ neta}} = \frac{ap * ae * vf * Kc}{60x10^6} = \frac{2 * 13 * 8000 * 400}{60 * 10^6} = 1.39Kw$$

Per tant podem dir que un motor igual o superior a 2Kw de potencia seria perfectament funcional per les necessitats plantejades.

Taula 14: Força específica de tall

Work Material	Tensile Strength (MPa) and Hardness	Specific Cutting Force Kc (MPa)				
		0.1 (mm/tooth)	0.2 (mm/tooth)	0.3 (mm/tooth)	0.4 (mm/tooth)	0.6 (mm/tooth)
Mild Steel	520	2200	1950	1820	1700	1580
Medium Steel	620	1980	1800	1730	1600	1570
Hard Steel	720	2520	2200	2040	1850	1740
Tool Steel	670	1980	1800	1730	1700	1600
Tool Steel	770	2030	1800	1750	1700	1580
Chrome Manganese Steel	770	2300	2000	1880	1750	1660
Chrome Manganese Steel	630	2750	2300	2060	1800	1780
Chrome Molybdenum Steel	730	2540	2250	2140	2000	1800
Chrome Molybdenum Steel	600	2180	2000	1860	1800	1670
Nickel Chrome Molybdenum Steel	940	2000	1800	1680	1600	1500
Nickel Chrome Molybdenum Steel	352HB	2100	1900	1760	1700	1530
Austenitic Stainless Steel	155HB	2030	1970	1900	1770	1710
Cast Iron	520	2800	2500	2320	2200	2040
Hard Cast Iron	46HRC	3000	2700	2500	2400	2200
Meehanite Cast Iron	360	2180	2000	1750	1600	1470
Grey Cast Iron	200HB	1750	1400	1240	1050	970
Brass	500	1150	950	800	700	630
Light Alloy (Al-Mg)	160	580	480	400	350	320
Light Alloy (Al-Si)	200	700	600	490	450	390
Light Alloy (Al-Zn-Mg-Cu)	570	880	840	840	810	720

### Patins guia

El darrer apartat d'aquesta secció en la que es triarà quins patins lineals s'introduiran per guiar cada un dels eixos de la màquina.

Aquests components mecànics són un dels més utilitzats en el món de la indústria i hi han tantes solucions que pot ser inclús difícil de realitzar un elecció adequada.

Per això aquestes pàgines estan dedicades a presentar una solució que tingui un equilibri amb la qualitat del producte i el preu.

Un altre factor que pot perjudicar al lector és que alguns d'aquests productes o marques no pots comprar-los fàcilment com a particular, es a dir que necessites estar registrat en la seva web com a empresa o treballador.

Per tant, per poder solucionar aquest inconvenient es buscarà models que estiguin presents en tendes online, que es puguin comprar els productes sense haver de estar en una empresa.

Les zones que incorporaran patins guia serà:

- 1) La unió del pont amb la base estarà formada per quatre patins i dues guies lineals, una a cada banda del pont (amb dos patins cada guia). Aquestes proporcionaran la mobilitat en l'eix X.
- 2) La unió del capçal amb la barra principal del pont també incorporerà quatre patins i dues guies. Proporcionant la mobilitat en l'eix Y
- 3) Finalment dues guies lineals amb els seus quatre patins més, que estaran dins del subconjunt del capçal que permetran fer baixar i pujar el motor de treball en l'eix Z.



*Il·lustració 28: Il·lustració de mostra de patins guia amb la guia lineal*

*[<https://www.designworldonline.com/thomson-500-series-profile-rails/>,  
29 de novembre del 2017]*

- Guies i patins per l'eix X

Després d'estudiar una mica el mercat que hi ha de patins i guies lineals, s'ha optat per triar una solució força convincent que proporciona la marca Parker Origa.

Aquests patins escollits són fets en una gran part d'alumini, i en comptes d'incorporar boles com molts dels patins comercials, incorporen rodaments a banda i banda que actuen com a boles però de forma més simple.



Il·lustració 29: patí de la marca Parker Origa

[<https://pt.rs-online.com/web/p/guias-lineales-bloques-guia-mesas-deslizantes/3111771/>, 29 de novembre del 2017]

Aquest patins tenen un preu de 106,24€ cada un, és un preu una mica elevat, però aquest patins proporcionen precisió, lleugeresa i un baix manteniment, que és un dels factors que preocupa més en el mercat de components mecànics que tenen moviment.

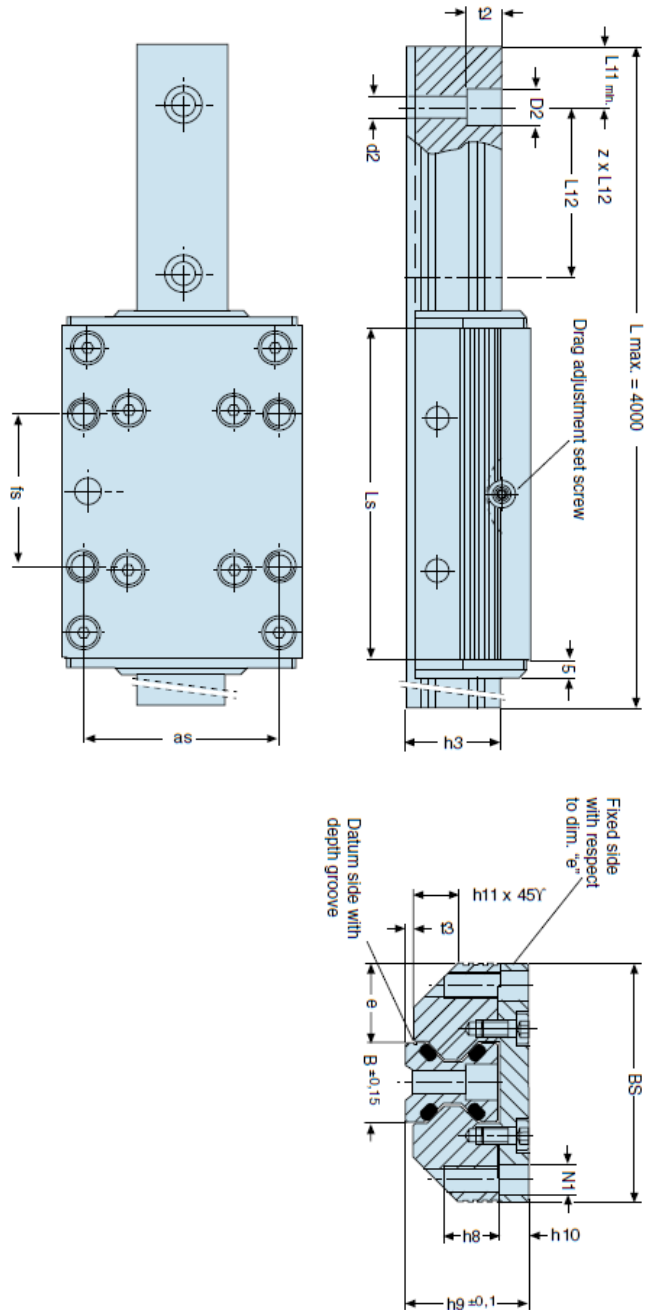
En el catàleg apareixen diferents mides de patins que van relacionats directament amb les guies necessàries següentment es mostrarà un redall del catàleg del proveïdor per poder veure les característiques mecàniques i físiques d'aquest patí.

La opció que s'ha escollit és la de incorporar el model de mida 20, amb la referència FDC20HP, aquest model no té unes dimensions extremadament grans, això comporta en que no ocuparà molt d'espai en el disseny, pot suportar una carrega de 5400 N en estàtic i en dinàmic i el moment més crític que pot suportar és de 76 Nm. Cal destacar que com que es posaran dos patins per cada rail, és a dir 4 patins en la guia de l'eix X la força es repartirà entre ells. Darrerament farem un petit diagrama per interpretar aquestes situacions.



Taula 15: Catàleg de patins de la marca Parker Origa  
[http://www.parkeroriga.com/pdf\_catalogs/0961OrigaRodlessCylinder.pdf, 1 de desembre del 2017]

## Drawing for cassette with double sided rail



## Dimensions for both standard FDC version guides

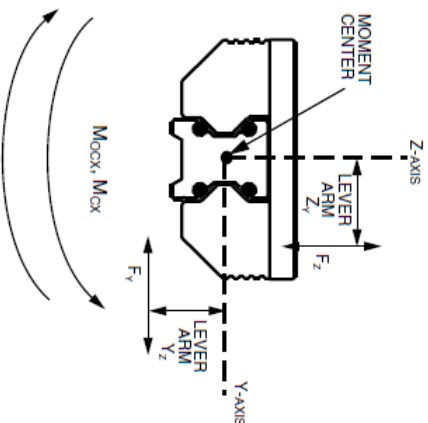
Main dimensions																	other dimensions															
Size	Length Ls	Width BE	B	BS	B1	B2	h1	h3	h9	as	d2	D2	e	fs	h7	h8	h10	h11	L8	L9	L11	L12	t2	t3	N1	N2	N3	PF1	PF2	S1	S2	S3
12	64	12.00	12.0	37	24.4	11.9	15.0	14.7	19	30	3.4	6	12.50	25	6.0	8	4.0	6	29	57	10	40	5.5	1.4	M4	M3	M4	5.5	3.4	3.4	4.9	9.7
15	78	15.25	15.5	47	30.9	15.2	19.0	18.7	24	38	4.5	8	15.75	30	7.5	10	5.0	8	34	68	10	60	6.0	2.0	M5	M4	M6	7.0	4.4	4.9	5.9	12.4
20	92	20.00	21.0	63	40.9	20.4	23.0	22.6	30	53	5.5	10	21.00	40	8.0	12	7.0	11	42	80	10	60	7.0	2.0	M6	M5	M6	9.5	4.9	5.9	5.9	16.9
25	98	25.00	23.0	70	48.4	22.9	27.5	27.0	36	57	6.6	11	23.50	45	5.0	16	8.5	13	48	84	10	60	10.0	2.5	M8	M5	M8	12.0	6.4	7.4	8.9	19.4
35	135	35.00	32.0	100	68.9	32.9	37.5	37.0	48	82	9.0	15	34.00	62	7.5	20	10.5	20	67	117	12	80	11.5	3.5	M10	M6	M8	17.0	8.9	8.9	8.9	28.4
45	165	45.00	45.0	120	82.4	36.4	46.5	46.0	60	100	11.0	18	37.50	80	9.5	24	13.5	22	83	146	16	105	14.5	4.0	M12	M8	M8	22.0	9.9	9.9	8.9	30.9

Dimensions [mm]

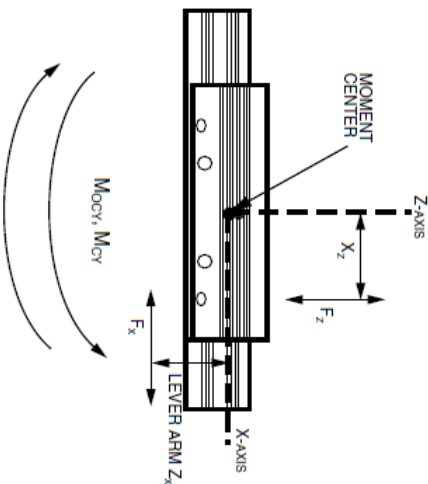
Dimensions [mm]

# Forces and Moments

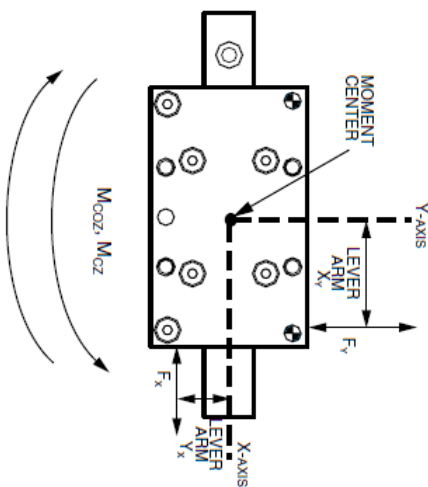
## Roll



## Pitch



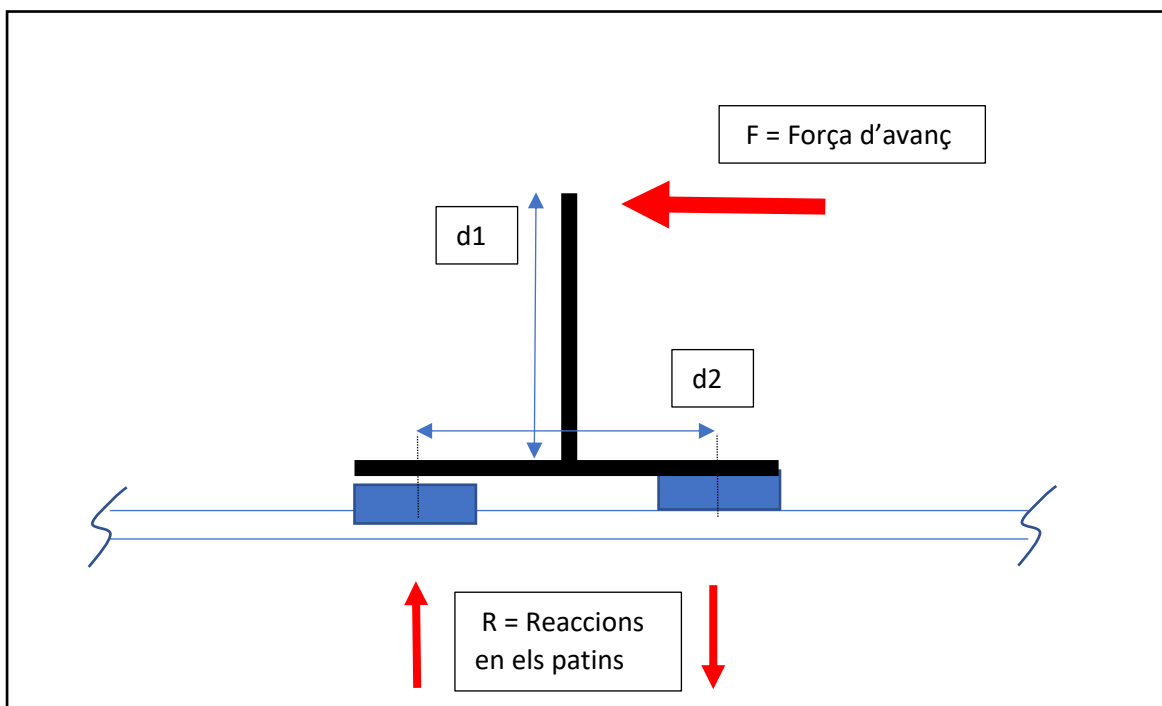
## Yaw



## Load & Moment Rating Capacities (for cassettes on double sided rail)

Cassette Series	Dynamic Load Rating C (N)	Static Load Rating Co (N)	Static Moment Rating Capacities:			Dynamic Moment Rating Capacities:			Cassette Weight (kg)	Rail Weight (kg)
			Roll Mox (Nm)	Pitch Mox (Nm)	Yaw Mox (Nm)	Roll Mox (Nm)	Pitch Mox (Nm)	Yaw Mox (Nm)		
<b>High Performance Series:</b>										
FDC12HP-...	2800	3000	27	43	43	25	40	40	0.1	0.4
FDC15HP-...	4200	3400	37	58	58	45	72	72	0.3	0.8
FDC20HP-...	5400	5400	76	111	111	76	111	111	0.4	0.9
FDC25HP-...	9000	10100	158	222	222	142	198	198	0.6	1.8
FDC35HP-...	12500	18000	423	559	559	294	388	388	1.5	3.2
FDC45HP-...	21200	25900	827	983	983	678	806	806	2.9	5.5

A continuació es mostra un esquema de forces que representa com actuaran les forces en tots els casos d'aquest projecte. Aquest és totalment representatiu simplement perquè el lector pugui entendre com s'ha valorat la opció de triar aquests patins.



Il·lustració 30: Diagrama d'forces que actuen en la estructura plantejada

Aquesta força d'avanç que aplica al moure el capçal crea un moment de rotació que aquest fa que apareixen dues forces de reacció oposades en cada patí.

A continuació es mostra com es pot calcular aquesta reacció per poder triar el patí correctament.

Troblem el moment creat per la força d'avanç multiplicant-lo per la alçada que té la barra vertical negra:

Equació 19: Moment creat per les forces aplicades

$$M = F * d1 = 2184 \text{ N} * 0.35 \text{ m} = 764.4 \text{ N} * \text{m}$$

Ara tenim un moment aplicat en la barra horitzontal, negra que uneix els dos patins. Per trobar quina és la força que actua en cada patí s'ha de descompondre el moment amb la distància que hi ha entre patins i dividir-lo entre dos per obtenir la reacció.

Equació 20: Reaccions resultants

$$R = \frac{M}{d2} = \frac{764.4}{0.155} = \frac{4931.61 \text{ N}}{2 \text{ Patins}} = 2465.8 \frac{\text{N}}{\text{pati}}$$

Aquestes distàncies que s'han agafat, son distàncies experimentals, que poden canviar en el disseny tot i així un patí de 15, amb la referència FDC15HP, ja suportaria la reacció,

però per assegurar que no pateix en cap moment s'instal·larà una referencia superior per poder assegurar el seu perfecte funcionament, es a dir FDC20HP.

- *Guies i patins per l'eix Y i Z*

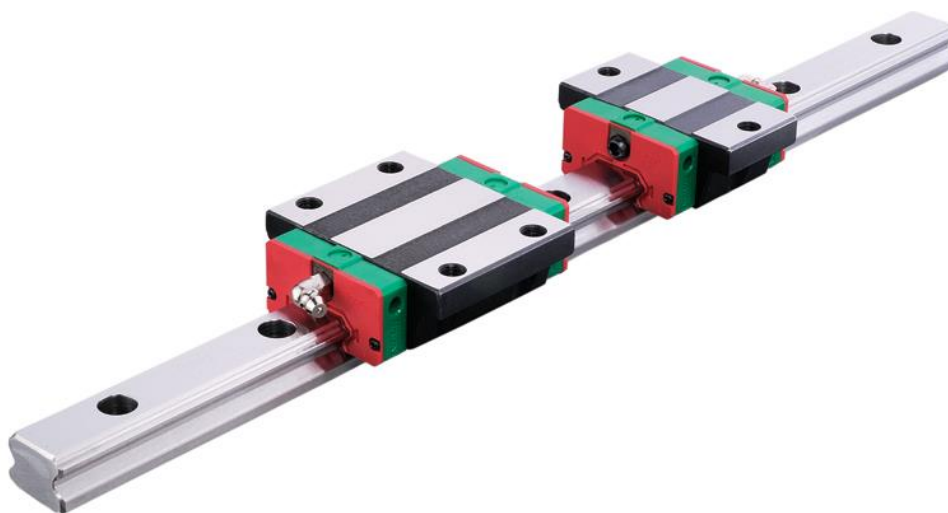
En els altres dos llocs on s'incorporaran també patins amb guies es muntaran patins molt més petits, ja que en les posicions on s'han d'instal·lar és important que el pes sigui mínim i el volum que ocupen també, per tant aplicant les mateixes Equació 19 i 20 s'obtindran els valors necessaris per escollir els patins.

Per altre banda cal remarcar que aquests patins seran de una altre marca que no són tan voluminosos i també tenen un bon funcionament.

Aquesta marca s'anomena HIWIN i incorpora el següent catàleg de patins i guies.

Com es pot veure en el catàleg, els patins més petits que tenen, EGH15SA, suporten una carrega de 5.35 kN en moviment i 9.4 kN estàtics , pet tant es quasi innecessari fer els càlculs perquè un sol patí ja supera la força d'avanç, aquesta es repartirà entre 4 per tal de assolir la màxima estabilitat en el capçal.

Les dues situacions tan en el transport Y com en el transport Z incorporaran aquests patins.



*Il·lustració 31: Patins guia amb guia lineal de la marca HIWIN.*

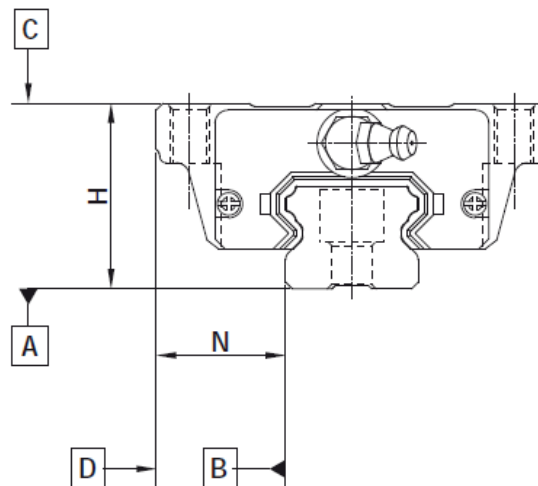
*[<http://www.jc-robot.com/product/t2>, 3 de desembre del 2017]*

Taula 17: Catàleg de patins guia de la marca HIWIN

[<http://www.rodalsa.net/wp-content/uploads/2015/06/guias-lineales-hiwin.pdf>, 3 de desembre del 2017]

## 2-2-5 Grados de Precisión

Los grados de precisión de la serie EG pueden ser clasificados en normal (C), alta (H), precisión (P), súper precisión (SP) y ultra precisión (UP). Seleccione el grado de precisión, de acuerdo a al requerimiento de la aplicación.



### (1) Grado de Precisión de las Guías No Intercambiables

Table 2-2-3 Grados de Precisión

Unidad: mm

Item	EG - 15, 20				
Grados de Precisión	Normal (C)	Alto (H)	Precisión (P)	Súper Precisión (SP)	Ultra Precisión (UP)
Tolerancia de altura H	± 0.1	± 0.03	0 - 0.03	0 - 0.015	0 - 0.008
Tolerancia de Ancho N	± 0.1	± 0.03	0 - 0.03	0 - 0.015	0 - 0.008
Desviación de altura H respecto del patín en un rail	0.02	0.01	0.006	0.004	0.003
Desviación de ancho N de patín a patín en un rail	0.02	0.01	0.006	0.004	0.003
Paralelismo cara C-A	ver tabla 2-2-7				
Paralelismo cara D-B	ver tabla 2-2-7				

Table 2-2-4 Grados de Precisión

Unidad: mm

Item	EG - 25, 30, 35				
Grados de Precisión	Normal (C)	Alto (H)	Precisión (P)	Súper Precisión (SP)	Ultra Precisión (UP)
Tolerancia de altura H	± 0.1	± 0.04	0 - 0.04	0 - 0.02	0 - 0.01
Tolerancia de Ancho N	± 0.1	± 0.04	0 - 0.04	0 - 0.02	0 - 0.01
Desviación de altura H respecto del patín en un rail	0.02	0.015	0.007	0.005	0.003
Desviación de ancho N de patín a patín en un rail	0.03	0.015	0.007	0.005	0.003
Paralelismo cara C-A	ver tabla 2-2-7				
Paralelismo cara D-B	ver tabla 2-2-7				

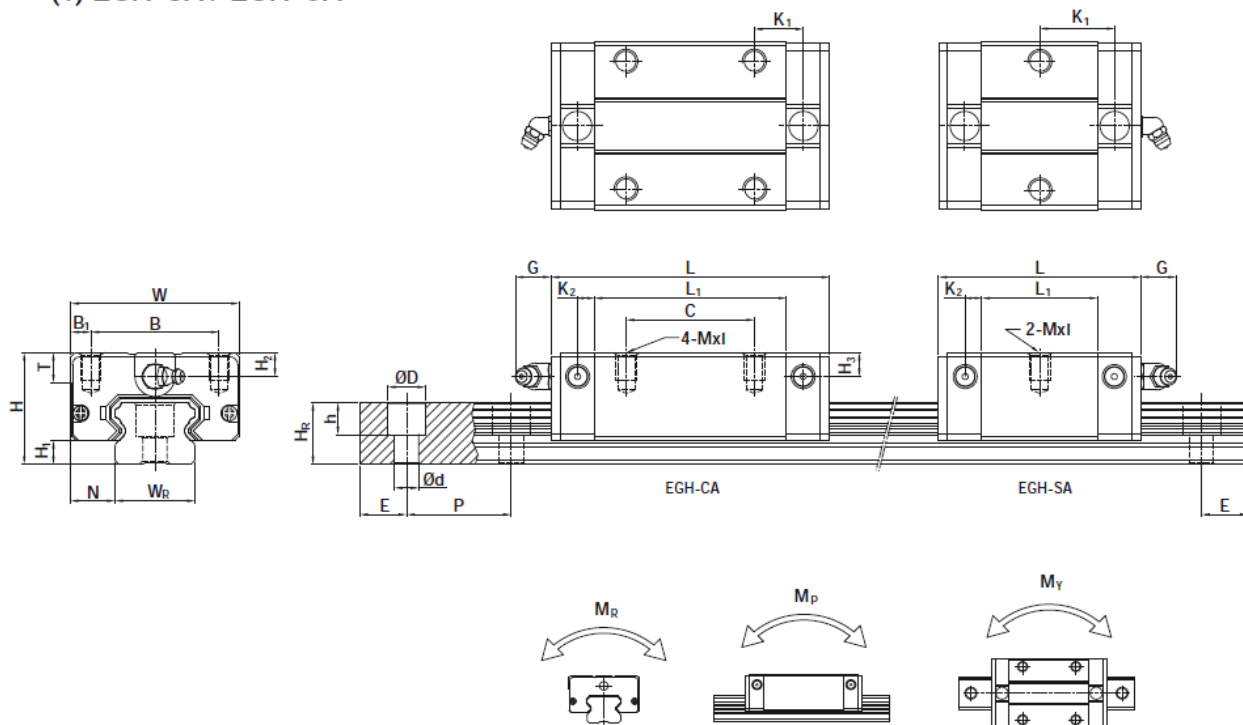
## Serie EG

Taula 18: Catàleg de patins guia de la marca HIWIN

[<http://www.rodalsa.net/wp-content/uploads/2015/06/guias-lineales-hiwin.pdf>, 3 de desembre del 2017]

## 2-2-13 Dimensiones de la Serie EG de HIWIN

## (1) EGH-SA / EGH-CA



Modelo N°	Dimensiones (mm)			Dimensiones del Patin (mm)														Dimensiones del Rail (mm)							Tornillo de Montaje	Capacidad de Carga Dinámica	Capacidad de Carga Estática	Máximo Momento Estático			Peso	
																												M <sub>R</sub>	M <sub>P</sub>	M <sub>Y</sub>		
	H	H <sub>1</sub>	N	W	B	B <sub>1</sub>	C	L <sub>1</sub>	L	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	G	MxI	T	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	W <sub>R</sub>	H <sub>R</sub>	D	h	d	P	E	(mm)	C(kN)	C <sub>0</sub> (kN)	kN-m	kN-m	kN-m	Patin kg	Rail kg/m	
EGH15SA	24	4.5	9.5	34	26	4	-	23.1	40.1	14.8	3.5	5.7	M4x6	6	5.5	6	15	12.5	6	4.5	3.5	60	20	M3x16	5.35	9.40	0.08	0.04	0.04	0.09	1.25	
EGH15CA							26	39.8	56.8	10.15																						
EGH20SA	28	6	11	42	32	5	-	29	50	18.75	4.15	12	M5x7	7.5	6	6	20	15.5	9.5	8.5	6	60	20	M5x16	7.23	12.74	0.13	0.06	0.06	0.15	2.08	
EGH20CA							32	48.1	69.1	12.3																						
EGH25SA	33	7	12.5	48	35	6.5	-	35.5	59.1	21.9	4.55	12	M6x9	8	8	8	23	18	11	9	7	60	20	M6x20	11.40	19.50	0.23	0.12	0.12	0.25	2.67	
EGH25CA							35	59	82.6	16.15																						
EGH30SA	42	10	16	60	40	10	-	41.5	69.5	26.75	6	12	M8x12	9	8	9	28	23	11	9	7	80	20	M6x25	16.42	28.10	0.40	0.21	0.21	0.45	4.35	
EGH30CA							40	70.1	98.1	21.05																						
EGH35SA	48	11	18	70	50	10	-	45	75	28.5	7	12	M8x12	10	8.5	8.5	34	27.5	14	12	9	80	20	M8x25	22.66	37.38	0.56	0.31	0.31	0.66	6.14	
EGH35CA							50	78	108	20																						

Nota : 1 kgf = 9.81 N

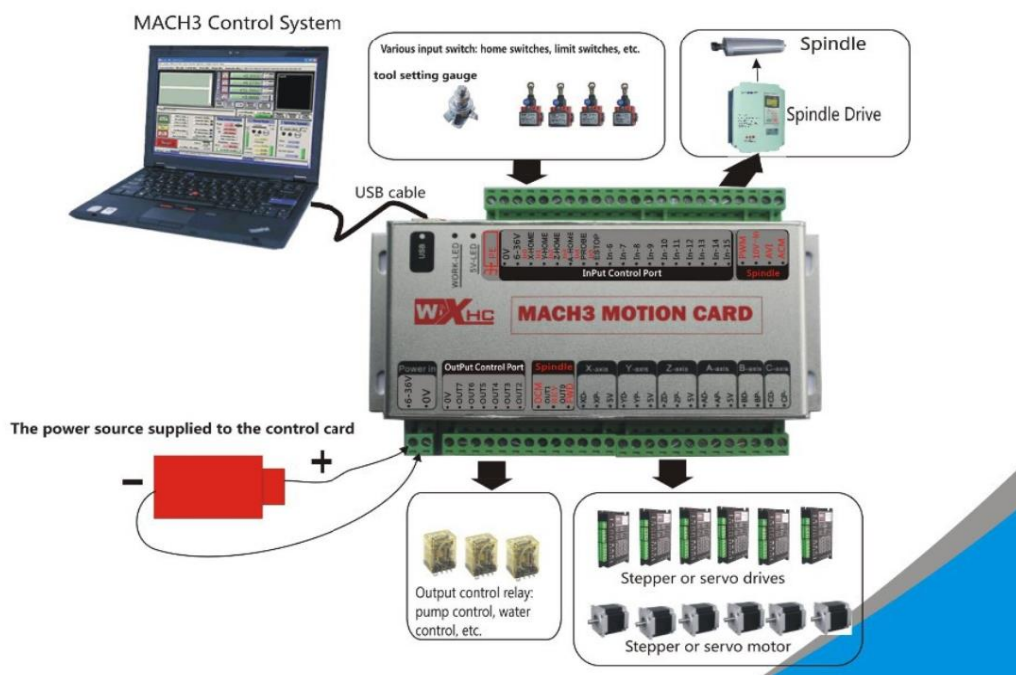
## Justificació de l'elecció de la solució adaptada

En el sisè apartat, es comentaran altres materials comercials que són importants per completar tot el projecte, tot i així molts dels components mecànics que incorpora aquest projecte ja han estat explicats prèviament en el apartat de cinquè, on es desenvolupen tots els càlculs de la màquina i per tant, no s'explicaran a continuació.

Seguidament es farà una breu introducció dels productes que s'explicaran a continuació i es mostrarà un esquema elèctric que ajudarà a complementar de com es relacionen entre ells.

Els elements que falten per completar aquest projecte són tots aquells que formen part de l'esquema elèctric de la fresadora C.N.C. Aquest serà compost per 9 elements principals els quals estaran connectats entre si per poder realitzar totes les funcions necessàries per dur a terme la seva funció.

- PC
- WiXHC - Mach 3 Motion Card
- Components electrònics de sortida
- Components electrònics de entrada
- Motor AC fresadora
- Variador de potencia
- Drivers
- Motors pas a pas
- Font d'energia



Il·lustració 32: Esquema general de les connexions del sistema

[<https://cnc-home.es/es/electr%C3%B3nica-cnc/129-controladora-profesional-xhc-mk4-usb-interfaz-mach3.html>], 5 de desembre del 2017]



**PC:** El primer component a necessitar es un ordinador el qual tingui/disposi de entrades USB ja que la comunicació que hi haurà des de l'ordinador a la controladora de la màquina serà mitjançant el port USB.

Cal destacar que aquest ordinador haurà de ser prou potent per suportar softwares de disseny 3D CAD, softwares CAM per poder crear el programa de mecanització i així poder executar aquest, en el software comunicatiu de la controladora Mach 3. Per altre banda el software que incorpora la controladora, és un software que simula la pantalla de control d'una fresadora real, i aquest programa només és executable en sistemes operatius com Windows XP,



*Il·lustració 33: Ordenador de sobre taula*

*[<https://demo.spcwaas.com/product/desktop-pc/>, 5 de desembre del 2017]*

Windows Vista o Windows 7, aquests paràmetres seran el que definirà quina computadora es necessita. D'altre banda si ja es disposa d'una computadora potent, però el problema que es te és el sistema operatiu sempre es pot buscar alguna màquina virtual com podria ser VirtualBox (de software lliure) i allà instal·lar el sistema operatiu, per així poder incorporar el software de la controladora. I per ultima opció es pot arribar a tenir dos ordinadors un destinat a fer el disseny i la programació de la peça i un altre menys potent (el qual reduirà el preu en el pressupost) que només incorpori el software Mach3.

També serà necessari disposar d'una pantalla, un teclat i un ratolí per poder operar amb la computadora, ja que el disseny d'aquest projecte no incorpora cap tipologia de pantalla tàctil o components similars. La elecció del model i la marca de cada un dels components nombrats serà totalment de lliure elecció per l'usuari sempre i quant compleixi tots els requisits nombrats anteriorment.

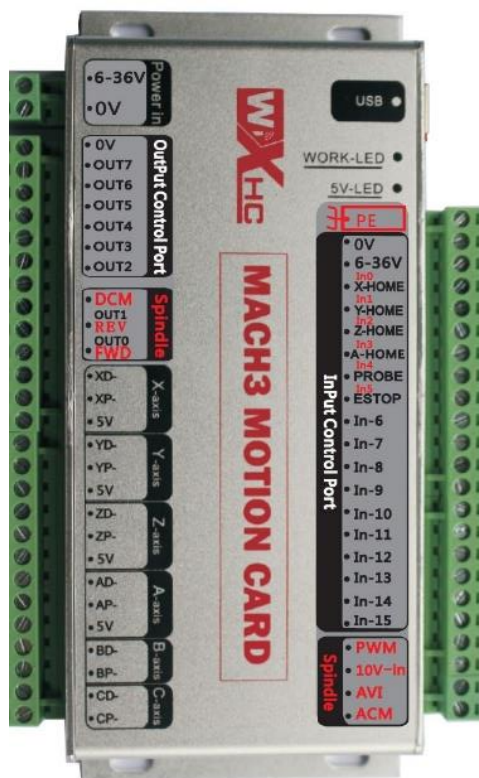


**WiXHC - Mach 3 Motion Card:** La Controladora Mach 3 Motion Card és una controladora dissenyada ja especialment per incorporar-la en una màquina C.N.C., aquesta actua com si fos un PLC amb un software incorporat que no fa falta programar, només és necessari calibrar-la mitjançant el software que s'instal·la al ordinador i prou. Aquesta controladora disposa de diferents entrades i sortides les quals estan destinades a tots els components que pot incorporar una màquina C.N.C. i una entrada de cable USB que serà per comunicar el PC amb la controladora.

Aquesta targeta disposa d'una entrada de alimentació (Power in) amb dues connexions la de 0V i la de 6-36V aquest voltatge s'aconseguirà mitjançant una font d'alimentació, set sortides per components (Output Control Port) tal i com poden ser alarmes, llums, la bomba de refrigeració, etc.

Components els quals podem activar o desactivar a partir del software que incorpora la controladora. Set connexions que controlaran el variador de potencia del motor AC que serà el motor principal de fresat, aquestes 7 entrades són dividides en dos blocs un de 4 i l'altre de 3 connectors els quals s'anomenen "Spindle". Després hi ha 4 pac de 3 connectors els quals són els connectors que aniran directament endollats en els drivers, per poder controlar els motors cada un ja incorpora el seu nom com pot ser eix X, eix Y i eix Z (eix A en cas que s'incorporin 4 motors), a més a més hi ha dos pac més per incorporar dos drivers però són dos pac addicionals que només disposen de dos connexions (per el eix de B i el eix C), aquest últims pac de connexions són per fer servir en el cas que l'usuari volgués dissenyar una màquina amb 6 eixos, aquest projecte només es plantejarà l'ús dels 3 eixos fonamentals, eix X, Y i Z.

Per altre banda també incorpora una gran quantitat de entrades per connectar finals de carrera, els detectors de posició Home i altres com poden ser sensors de temperatura, etc. També disposa d'una sortida de terra, els dos LED's de confirmació de funcionament i la entrada USB la qual serà connectada al ordinador.



Il·lustració 34: WiXHC - Mach 3 Motion Card

[<http://www.mycncuk.com/threads/9592-XHC-Motion-Card-MK3-III>, 8 de desembre del 2017]

**Components electrònics de sortida:** Com que aquest apartat és molt opcional, en el present projecte s'instal·laran uns components hipotètics i en la creació de la màquina real és probable que no s'incorporin el 100% dels components comentats. S'incorporarà 6 relés, 4 d'ells seran els que tallaran o deixaran passar la corrent de qualsevol component en cas de necessitat, també es faran servir dos dels relés extres per poder completar totes les sortides de la controladora, però no significa que el fem servir. Aquest components extres podrien fer-se servir per activar una aspiradora externa per poder netejar la taula de treball en tot moment o també una llum la qual s'engegui quan la fresadora estigui treballant.

**Components electrònics de entrada:** Els components electrònics d'entrada elementals que hi haurà en aquest projecte seran alguns finals de cursa que limitaran que la màquina segueixi enviant energia al motor quan arribi al final de la seva trajectòria i així evitar que es trenqui algun component mecànics. També hi haurà un paro d'emergència que farà caure la tensió en cas de que sigui pitjat.

**Motor AC fresadora:** Uns altre dels components els quals són imprescindibles és el motor principal de corrent alterna que actuarà de trepant i que subjectarà la broca amb la qual fresarà el material.

Un motor de corrent alterna es denomina així per la tipologia de corrent en que és alimentat. Aquesta tipus de motors estan compostos també (com els motors de corrent continua) per un estator i un rotor però aquests motors majoritàriament estan formats per dues bobines, la bobina que esta situada en el rotor i la bobina que esta situada en el estator, aquestes bobines al rebre corrent elèctrica generant un camp magnètic el qual fa que entre les dues bobines (la del estator i la del rotor) s'atreugin i creïn un moviment.

Aquest moviment és donat per l'acoblament dels dos camps magnètics (l'interior del rotor i el exterior del estator) el quals giren sincronitzats.

En el cas d'aquest projecte s'utilitzarà un motor de corrent alterna exclusivament fabricat per la aplicació a les fresadores.

Però prèviament, s'ha de tenir coneixement de quines tipologies (a grans trets) de motors hi ha, per així poder fer una bona elecció.

Dins del mont dels motors de corrent alterna hi ha 3 grans grups principals: els motors universals, el motors síncron i asíncrons.



Il·lustració 35: Motor AC

[<https://inverterdrive.com/group/Single-Phase-Motors/ac-Motor-1-1kW--2-pole-Marelli-80F-MLA80MB2-B3/>, 12 de novembre del 2017]

- *Els motors universals*

Aquesta tipologia de motors poden treballar tan en corrent alterna com en continua. Aquest són utilitzats habitualment per electrodomèstics o aplicacions les quals es necessita una velocitat alta però amb cargues dèbils o una força de resistència petita tal i com podria ser en una batedora, el motor d'un bufador o en un trepant de mà.

Els components que incorpora aquest motors són: els camps magnètics situats en el estator del motor, la massa situada en el rotor del motor, les escombretes o excitadors i les tapes que cobreixen el motor.

El circuit elèctric que incorpora aquest motor és molt simple, té només una via per la qual passa el corrent elèctric, perquè el circuit està connectat en sèrie.

Un dels factors físics que destaca d'aquest motor és que incorpora un parell d'arrancada excel·lent, però té la desavantatge de que no estan dissenyats perquè el seu funcionament sigui prolongat durant molt de temps, és a dir que no és l'indicat per treballar llargs períodes de tems.

- *Els motors asíncrons*

Els motors asíncrons, estan formats per un estator el qual incorpora les bobines inductores, aquestes bobines trifàsiques estan desfasades entre si, normalment uns  $120^\circ$  en l'espai i quan per l'interior d'aquestes bobines circula una corrent trifàsica equilibrada la qual tingui també un desfàs de  $120^\circ$  en el temps, doncs s'indueix un camp magnètic que envolta el rotor i aquest rep la inducció d'aquest camp magnètic creant una tensió i la vegada una força electromotriu que fa crear el moviment rotatori.

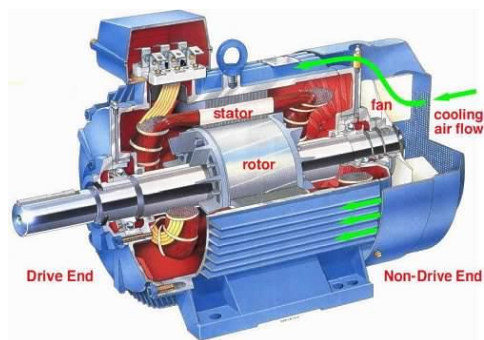
Aquest motors treballen de manera que el rotor no gira sincronitzat amb el camp magnètic creat per la bobina, és a dir, el rotor sempre va una mica més retardat que el camp magnètic i ell va seguint el camí del camp magnètic generat per les bobines, d'aquí el seu nom de motors asíncrons.

Degut a la seva simplicitat aquests motors necessiten molt poc manteniment, barats i mecànicament més fàcils de construir.



Il·lustració 36: Motors universal

[<http://www.power-motor.com/Products/MicroACUniversalMotor.html>, 12 de desembre del 2017]



Il·lustració 37: Motor asíncron

[<https://electricidad-viajer.blogspot.com.es/2010/04/mantenimiento-motores-asincronos.html>, 12 de desembre del 2017]

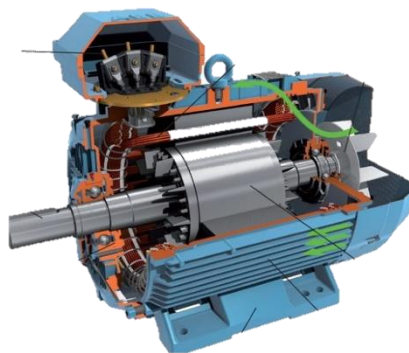
- *Motors síncrons*

Són denominats així degut a que la velocitat del rotor i la velocitat dels camps magnètics del estator, són equivalents funcionant així a una velocitat de sincronisme, tot i així cal tenir en compte que la velocitat de rotació depèn de la freqüència de la font, per tant si aquesta font és fixa la velocitat del motor serà constant, independentment de la carrega o de la lineal trifàsica. Aquests motors són normalment instal·lats en grans màquines amb us de corrent de tipus variable.

Aquest motors incorporen un estator trifàsic, similar al de un motor d'inducció te un rotor bobinat el qual incorpora el mateix numero de pols que l'estator, la seva engegada es similar a la d'un motor d'inducció dins de la indústria són molt atractius, ja que el pot treballar a velocitats baixes sense fer patir el seu funcionament.

Aquests motors tenen una alta eficiència però son complicat a la hora de arrancar ja que una mala sincronització de les polaritats del rotor amb el estator pot provocar un mal funcionament mecànic.

En aquest projecte s'incorporarà un dels motors comercials que ja es ven exclusivament per fresadores i aquest és un motor asíncron, aquest l'enllaçarem amb un variador de freqüència per poder variar la velocitat de rotació del motor. Molts dels comercials d'aquest producte ja incorporen un pac que inclou el motor i el variador, inclús el comprador pot demanar que li enviïn cablejat.



*Il·lustració 38: Motor síncron*

[<https://maquinaselectricasblog.wordpress.com/p/artes-del-motor-sincrono/>, 14 de desembre del 2017]



*Il·lustració 39: Motor per fresadora*

[<https://es.aliexpress.com/item/1-5kw-air-cooled-spindle-motor-cnc-spindle-motor-220V-1-5KW-inverter-65mm-clamp-1set/32734264939.html>, 14 de desembre del 2017]

**Variador de potencia:** Un variador és un component electrònic que està dissenyat per transformar la corrent alterna en ones controlades, per poder variar la freqüència de les ones i així també variar la velocitat de rotació del motor.

Un variador per definició és un regulador industrial que es troba entre l'alimentació i el motor de corrent alterna. L'energia de la xarxa passa per el variador i aquest la regula per poder establir una velocitat de rotació determinada en el motor.

Una de les avantatges que té incorporar un variador és principalment tenir el control de la velocitat del motor i també que aquest pot reduir el consum d'energia en el motor de un 20 a un 70 per cent del consum habitual.

(La marca del variador i del motor es definirà més endavant, en l'apartat on es presenta el pressupost, ja que s'ha volgut comprar un pac que inclogui els dos components per facilitar la elecció a l'usuari).



Il·lustració 40: Variador de potencia

[<https://cnc-home.es/es/variadores-de-frecuencia-inverter-/244-variador-de-potencia-15kw-380-v.html>, 20 de desembre del 2017]

**Drivers:** Un altre component el qual es necessari per controlar adequadament el motor de posicionament és el Driver.

Un Driver es un circuit electrònic que es fa servir per controlar altres components o circuits, en aquest cas els motors pas a pas de la fresadora C.N.C. Aquest circuit electrònic és l'encarregat de traduir la senyal que rep de la controladora (Mach 3) i enviar polsos elèctrics controlats al motor i així activar els electroimants perquè el motor giri a la velocitat indicada.

En Driver que s'ha escollit per aquest projecte es el Driver per motors pas a pas bipolars TB660 que permet crear passos i micro-passos per garantir una precisió elevada.

Aquest es compatible amb motors de 2 y 4 fases de 12 a 48V i una intensitat màxima de 5A. Aquest Driver es adequat per motors NEMA17, NEMA23, Nema24 i NEMA34.

Com que en el projecte s'implementarà els motors NEMA23, doncs no hi haurà cap problema a l'hora de instal·lar el component en el circuit.

Característiques del Driver TB6600:

- Permet crear divisions de micro-passos de entre 1/1 a 1/16 per pas.
- Funciona amb una font de alimentació senzilla de 12 – 24V.
- Control de corrent (en 8 passos de 0.2 a 5A)
- Protecció contra sobre voltatge, baix voltatge, sobrecorrent i curtcircuits.
- Alta velocitat de partida.
- Parell d'alta velocitat.



Il·lustració 41: Driver TB6600

[<https://electronilab.co/tienda/driver-microstepper-motor-paso-paso-tb6600-0-2-5a-12-48vdc/>, 29 de desembre 2017]

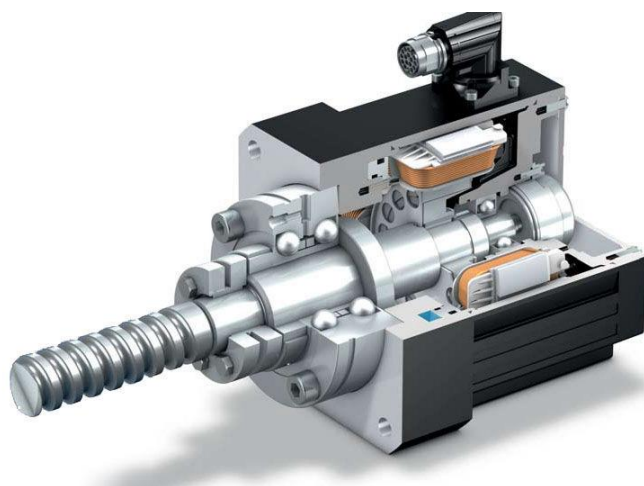


**Motors pas a pas:** Un dels components més importats que ha d'incorporar una fresadora C.N.C. són els motors que mouran els eixos de coordenades. Per poder escollir be aquests es necessari tenir un coneixement previ per no comprar el motor inapropiat per la seva funció.

Dintre dels motors programables més comuns en el mercat hi ha dos famílies destacables, els motors pas a pas (també coneguts com a steppers o PaP) i els servo motors, per aquest projecte s'ha escollit el motors pas a pas, ja que la diferencia de preu que hi ha entre un servomotor i un stepper motor és abismal, i això encariria molt el preu de la màquina.

- *Servo Motor*

Un servo motor es un motor elèctric el qual normalment estan compostos de entre 4 i 12 pols en l'interior. Majoritàriament els servomotors van acompanyats de un codificador de posició (encoder) aquest component determina la posició real del motor, aquest és afegit (externa o internament pel fabricant) ja que els servo motors al tenir una petita quantitat de pols, comporta que la distancia entre ells és superior i per tant fa que la precisió de la posició sigui més baixa però això ajuda a que el



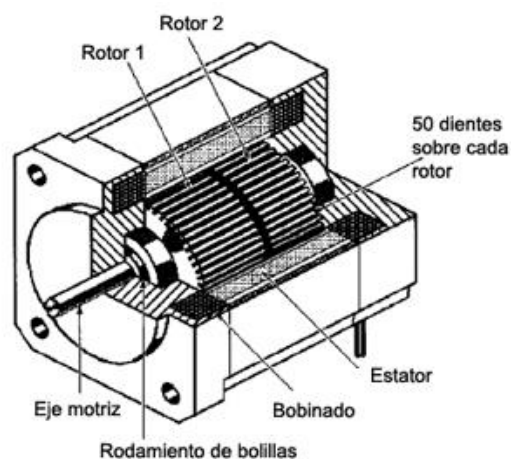
Il·lustració 42: Servo Motor seccionat

[<http://www.directindustry.es/prod/stoeber/product-6037-796159.html>, 8 de gener del 2018]

motor sigui molt més ràpid i energèticament parlant més eficient. També destaquen en el seu alt parell, però no tot són avantatges en aquesta tipologia de motos ja que en baixes revolucions no és gens precís, i un dels factors físics que incorporen en aquests motors és la inèrcia de les masses en moviment. Una inèrcia molt gran a altes velocitats pot fer que faci l'efecte molla (a causa de la correcció del seu pertinent encoder) el que ve a ser un rebot per la correcció de la posició. També una altre limitació es la complexitat que tenen a la hora de programar-los. D'altre banda si que poden proporcionar més potencia que un motor pas a pas, però en baixes revolucions, si es vol garantir un bon funcionament del servomotor és necessari el acoblament d'una caixa reductora per poder fer que el motor treballi dins del seu rang de velocitats eficient. Aquest factor fa que la instal·lació de un servomotor sigui molt més cara que un motor pas a pas, però en el món de la indústria, gràcies a la seva potencia i eficàcia energètica fa sigui un dels motors més comuns.

- *Motor pas a pas*

Un motor pas a pas és un motor elèctric el qual està compost normalment entre 50 i 100 pols. Aquesta gran quantitat de polaritats fa que el motor sigui molt més precís a l'hora de rotar en baixes revolucions ja cada canvi de polaritat que fa el motor (estator) a l'eix de rotació (el rotor) fa un desplaçament tan mínim que pot moure carreges molt grans a baixes revolucions.



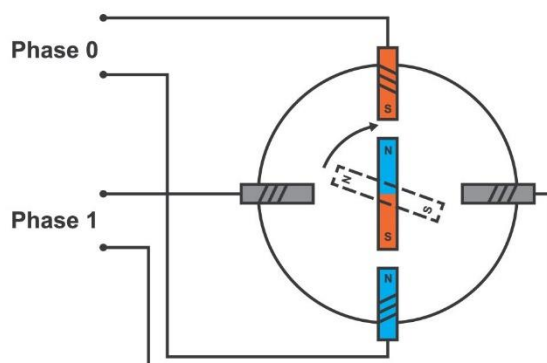
Il·lustració 43: Parts de un motor pas a pas

[[http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/velocidad\\_de\\_motores\\_electricos4.php](http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/velocidad_de_motores_electricos4.php), 10 de gener del 2018]

A causa d'aquesta gran quantitat de pols també perjudica la velocitat de rotació ja que per poder donar tota una volta sencera ha de activar i desactivar els electroimants del estator tantes vegades com pols d'imants hi ha incrustats en el rotor per poder fer que l'eix de rotació arribi a donar una volta sencera. Com és evident aquesta tipologia de motors tenen un consum energètic molt més alt que els servomotors.

D'altra banda aquest motors no acostumen a necessitar encoders (codificador de posició) en el cas que el seu desplaçament de pol a pol és tan mínim que, depenent de la aplicació, si el motor es des-sincronitza en un pol no afecti en el funcionament de la màquina. Això pot passar quan el rotor girant en grans moments d'inèrcia en l'eix i faci que la potencia dels imants no sigui suficient per aguantar la estabilitat i salti un dels pols que té el rotor. A causa que aquests motors han estat dissenyats per treballar a velocitats baixes, no acostumen tampoc a necessitar caixes reductores i això fa que molts dels seus preus que apareixen en el mercat siguin molt més reduïts que els servomotors. D'altra banda en cas de posar aquest motor a treballar a altes velocitats, la gran quantitat de pols amb poca superfície fa que no tingui la suficient força per frenar o accelerar grans masses en velocitats per sobre del seu funcionament nominal.

En el cas d'aquest projecte com que l'objectiu és construir una màquina la qual no sigui excessivament cara i complicada de construir ni de programar s'ha optat per muntar motors pas a pas, per altre banda com que l'objectiu del treball és aconseguir el màxim de precisió possible, més endavant s'analitzarà si és necessari posar codificadors de posició en els motors depenent del error mil·limètric que pugui comportar el desquadrament de pols.



Il·lustració 44: Esquema principal del funcionamiento de un motor pas a pas

[<https://www.allaboutcircuits.com/tools/stepper-motor-calculator/>, 14 de gener del 2018]

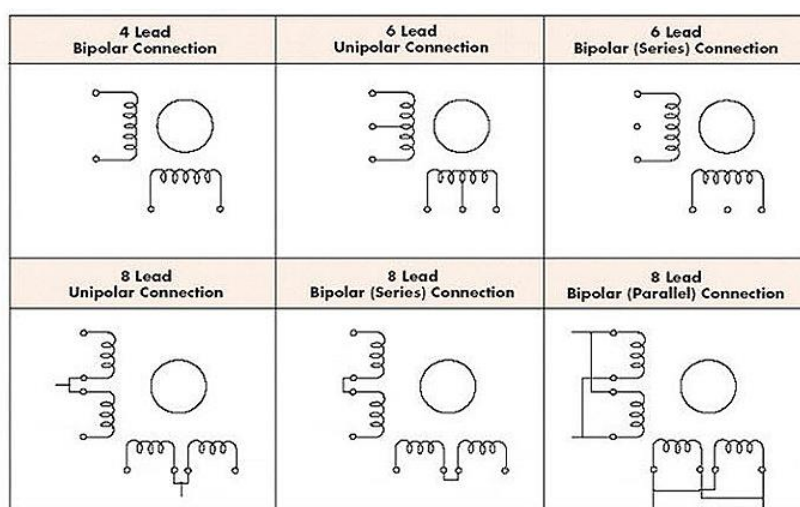


Un altre inconvenient dels motors pas a pas es que, no tenen un moviment continu, això vol dir que tal i com tants pols tingui seran les posicions que podrà assolir aquest motor, és a dir si tenim un motor de 200 passos doncs si dividim  $360^\circ$  entre 200 passos ens dona un desplaçament de  $1,8^\circ$  per cada pas avançat.

Tot i així dins del món de els motors pas a pas, també existeixen varies branques per les quals es podrà escollir una tipologia adequada per el funcionament de la màquina.

El que s'ha d'escollir en primer lloc és si volem un motor unipolar o un motor bipolar.

Un motor unipolar es un motor que disposa de dos parells de bobines, una que es magnetitza amb la polaritat nord i la altre amb la polaritat sud. Aquesta tipologia són els més senzills de programar.



Il·lustració 45: Tipus de motors pas a pas

[<https://forum.solidworks.com/thread/207491>, 14 de gener del 2018]

En aquests motors la controladora juntament amb els drivers (que més endavant comentarem) simplement han d'activar o desactivar les bobines pol nord i pol sud en el moment corresponent, d'aquesta manera aconseguixen que el motor roti en un sentit o en un altre. Cal destacar que aquests components electrònics no entenen quan una bobina es pol nord o pol sud ja que la seva funció només es de parar o engegar bobines.

Dintre d'aquest sector podem trobar motors unipolars de 8 cables, de 6 cables o de 4 cables.

Normalment aquesta tipologia són molt més barats però a la vegada els menys potents.

L'altre opció són els motors bipolars, que com bé diu el seu nom cada bobina que inclou pot exercir tan com de pol nord o de pol sud. Esquemàticament semblen més senzills però la part complexa d'aquests motors són els drivers ja que aquests s'han de encarregar de intercalar correctament les polaritats de cada bobina per garantir que el moviment sigui cap a la mateixa direcció (depenent de la ordre donada per la controladora).

Aquesta segona opció (motors pas a pas bipolars) és la més indicada per la finalitat del projecte, ja que un motor unipolar podria causar-nos molts errors de desplaçament i per tant una mala precisió.

Com be s'ha comentat anteriorment els motors pas a pas, són motors que es mouen per petites fraccions de circumferència el que representa que cada vegada que es canvien les polaritats el motor avança (rotativament parlant) 1,8 graus. D'altra banda per poder atenuar aquest esgraó que cada vagada haurà de fer a la hora de canviar de polaritat, doncs s'han incorporat (informàticament) el que s'anomena Micro Stepping. Aquesta funció específica és utilitzat en el moment que el motor pas a pas ha de fer rotacions molt mínimes i per poder evitar les batzegades que provocaria moure's de 1,8 graus en 1,8 graus doncs el driver del motor no subministra el 100% de la energia que necessita, sinó que subministra un tant per cent inferior, relacionat en quants micro passos s'hagin programant entre pol i pol, és a dir aquesta funció està orientada a fer un augment de passos encara que la nostra capacitat de pols en un motor sigui limitada. Tot i així aquesta tècnica comporta perdre parell en el motor i força a canvi d'una major resolució i fluïdesa.

Dintre del immens mercat de motors pas a pas que existeix nosaltres escollirem els motors NEMA les sigles del seu nom volen dir "*National Electrical Manufacturers Association*".

Aquests motors els podem trobar de diferents mides estàndards les quals venen denominades com NEMA 14, NEMA 17, NEMA 23, etc. El número consecutiu al nom es refereix a la mida que hi ha entre els centres dels cargols (verticalment i horitzontalment) per on es colla el motor aquesta mida ve donada amb polsades.

Un motor amb un número més gran no vol dir que la potencia d'aquest hagi de ser més gran, tot depèn molt del fabricant i de les característiques del motor, tot i així els motors més grans a baixa potencia tendiran menys escalfar-se i a provocar problemes elèctrics.

En cas que el motor s'hagi de fixar en una part mòbil, és convenient que sigui més petit per evitar la inèrcia que provocarà el seu volum.

En el cas actual com que es pretén tenir una estructura força rígida podem escollir motors grans i de potencia elevada. Per dimensions permeses podem escollir un motor NEMA 23. Dins dels nema 23 trobem els següents amb les seves pròpies característiques:



Il·lustració 46: Motor NEMA 23

[<https://www.amazon.com/Stepper-Motor-178-5oz-1-26Nm-Stepping/dp/B00PNEPF5I>, 20 de gener del 2018]

Taula 19: Característiques físiques dels diferents motors NEMA que hi ha

Model	Step Angle(°)	Motor Length(mm)	Rated Current(A)	Phase Resistance(Ohm)	Phase Inductance(mH)	Holding Torque(N.cm)	Detent Torque(N.cm)	Rotor Inertia(g.cm2)	Lead Wire (No)	Motor Weight(g)
23HS0601	1.8	41	1	5.2	5.5	40	2.5	150	6	470
23HS0405	1.8	41	0.62	12	24	55	2.5	150	4	470
23HS0408	1.8	41	2	1.2	2.5	55	2.5	150	4	470
23HS5406	1.8	51	0.62	13	28	110	2.8	190	4	520
23HS5425	1.8	51	2.5	1.2	3.2	110	2.8	190	4	520
23HS5602	1.8	51	0.8	6.8	9.2	62	3	230	6	590
23HS6602	1.8	56	1.5	3.2	9.2	90	3.5	280	6	590
23HS6403	1.8	56	2.5	1.3	4.2	110	3.5	280	4	680
23HS6430	1.8	56	3	0.8	2.4	110	3.5	280	4	680
23HS6404	1.8	56	4.2	0.4	1.2	110	3.5	280	4	680
23HS8603	1.8	76	1.5	4.5	7.8	140	6	440	6	1050
23HS8425	1.8	76	2.5	1.8	6.5	180	6	440	4	1050
23HS8430	1.8	76	3	1	3.5	180	6	440	4	1050
23HS8430B	1.8	76	3	1	3.5	180	6	440	4	1050
23HS8404	1.8	76	4.2	0.6	1.8	180	6	440	4	1050
23HS9430	1.8	81	3	0.8	1.8	220	8	500	4	1160
23HS1430	1.8	100	3	1.4	5.5	250	10	680	4	1250
23HS1410	1.8	100	4.2	0.8	3	250	10	680	4	1250
23HS2430	1.8	112	3	1.6	6.8	280	12	800	4	1660
23HS2430B	1.8	112	3	1.6	6.8	280	12	800	4	1660
23HS2410	1.8	112	4.2	0.9	3.8	280	12	800	4	1660

Note: We can manufacture products according to customer's requirements.

El motor que es seleccionarà per aquest projecte serà el NEMA 23HS2430

**Font d'energia:** En electrònica una font d'energia o d'alimentació és el dispositiu que transforma la corrent alterna de la xarxa elèctrica a corrent continua.

Dins d'aquesta categoria existeixen dues tipologies de fonts d'energia:

Les fonts d'alimentació lineals, són les fonts d'energia que tenen un disseny relativament simple, que pot arribar a ser més complexa en el moment que la quantitat d'energia que ha de subministrar ha de ser major. Tot i així la seva regulació de potència acostuma a ser poc eficient.

Les fonts d'alimentació commutades de la mateixa potència que una lineal solen ser més petites i a la vegada més complexes, això comporta que siguin més susceptibles a avaries.

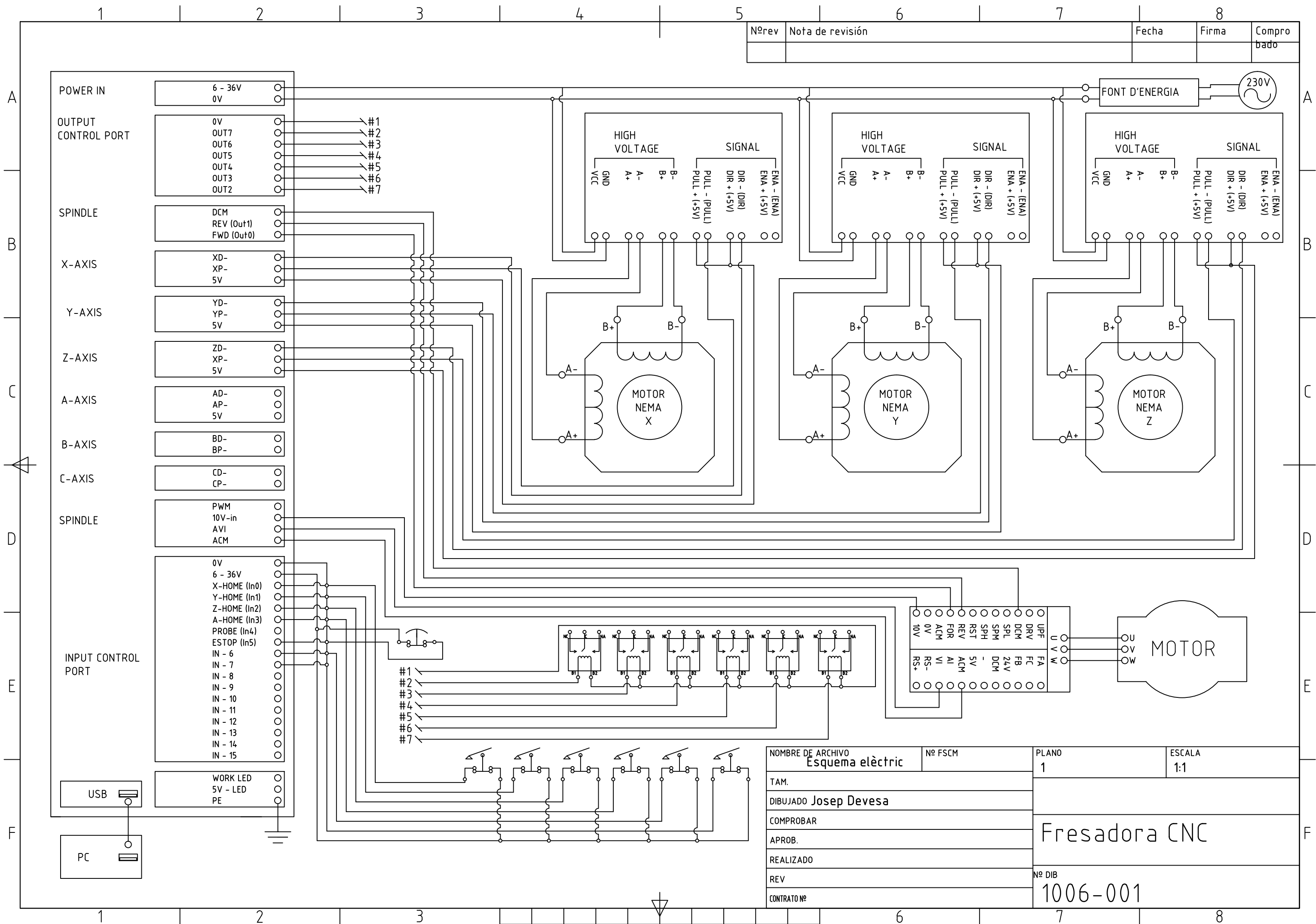


Il·lustració 47: Font d'alimentació lineal de 24 V

[<https://cnc-home.es/es/19-fuentes-de-alimentacion>, 5 de febrer del 2018]

En aquest projecte es farà servir una font d'alimentació lineal per el seu baix preu i perquè ja cobreix les necessitats que el projecte requereix tot i que la font tingui un volum considerable no perjudicarà l'objectiu del projecte.

Seguidament es mostra el esquema elèctric que incorporarà el projecte en qüestió, el qual inclou els components principals de la màquina per un funcionament adequat.



Estudi econòmic i pressupost amb el corresponent desglossament d'amidaments, preus e import total.

En aquest apartat es mostrarà la part més important de el anàlisis econòmic de la màquina, que incorpora un pressupost molt ben desglossat que ajudarà a tenir una idea de quin preu pot tenir aquest projecte i una previsió de temps per saber quan es trigaria en realitzar tot el projecte, des del disseny fins a la fabricació i muntatge de la màquina.

En el pressupost s'ha intentat establir com a criteri que, la gran majoria d'elements comercials es puguin comprar en webs on l'usuari es pugui registrar fàcilment sense la necessitat de ser una entitat o empresa.

Per altre banda aquest pressupost inclou varis apartats, des de el preu de disseny de la màquina, passant per la fabricació fins el seu muntatge, també aquest document incorpora altres factors a tenir en compte com pot ser el transport del material, entre d'altres.

En el segon document es mostra una planificació de quan es triga (en dies laborals) a realitzar aquest projecte des del disseny fins arribar al muntatge. Aquesta planificació es totalment hipotètica, ja que en cas que un usuari hagués que fer tot aquest procés sol doncs, tots els temps establert en el cronograma s'allargarien més del esperat.

Seguidament s'explicarà detalladament els dos documents adjunts, perquè el lector pugui entendre bé quins criteris s'han seguit per arribar aquestes conclusions.



*Il·lustració 48: Il·lustració representativa del estudi econòmic*

[<https://universidadean.edu.co/es/formacion/pregrados/pregrado-en-economia-virtual>, 24 de febrer del 2018]

## Pressupost

El següent document és el pressupost total del projecte, aquest està dividit en cinc grans grups que són el disseny, la fabricació, el comercial, muntatge i altres costos. Aquest pressupost s'ha fet tant detallat per poder veure quin preu assoliria si el projecte fos fet per una empresa externa que realitza el disseny, una altre que crea les peces de fabricació i en el cas que un taller montes aquest producte. D'aquesta manera es podrà veure quin cost màxim pot assolir aquesta màquina.

En primer lloc podem veure el subgrup del disseny, aquest està complementat per el disseny mecànic i el disseny elèctric. Les hores que es dediquen en aquests subapartats són diferents ja que, com be s'ha comentat anteriorment, aquest projecte està enfocat a que l'usuari tingui les màximes facilitats en el disseny elèctric i així poder dedicar el màxim de temps al disseny mecànic.

Com es pot apreciar, les hores que es dediquen en el disseny mecànic són molt més elevades que les del disseny elèctric, això comporta que el preu de disseny dels dos sectors variï considerablement. Per altre banda, cal destacar que aquest apartat, si no es contes en el pressupost ens estalviaríem un total aproximat de 6.882 €, un valor que fa encarir molt el preu de la màquina, tot i això en el pressupost s'ha inclòs com a material 1000 € en el cas que el material utilitzat fos un ordinador potent específic per a dissenyar.

Finalment a la part final d'aquest subconjunt es mostra el sub-total d'aquest i a més a més apareix un apartat de riscos on s'inclouen 200 €, aquest valor s'ha establert pensant en errors de temps de disseny o en el cas que es trenqui el material.

El segon apartat que apareix, és el de fabricació, aquest subapartat està compost per dos blocs, en el primer es pot apreciar totes les peces mecàniques que serà necessari fabricar, la referencia que de cada peça que se'ls hi ha adjudicat, el material el acabat de la peça i el preu que té aquesta peça sense contar els acabats, és a dir només es conta la mecanització d'aquestes peces.

Per tant en el segon bloc es veu tots els tipus d'acabats que apareixen en la descripció de cada peça i el temps que s'ha requerit per tractar aquest material o fer acabat superficial.

També en aquest segon apartat apareix un subconjunt que es diu mecanització, aquest subapartat és només per considerar els diner que s'inverteixen en el mecanitzat dels materials, però aquest no és inclòs en el sub-total de la fabricació, per això la línia que suma aquest subconjunt no esta inclosa en el sub-total de la fabricació.

Tot i així, els acabats assoleixen un preu més alt que la fabricació del material ja que una gran quantitat de peces la seva mecanització és molt simple i no encareixen molt el preu.

Aquests dos subapartats que inclou la fabricació finalment es sumen en el sub-total que es situa a la part de a baix de tot del pressupost on es realitza la suma total.



Seguidament apareix un subapartat de muntatge, aquest subapartat està enfocat en el cas de que el muntatge complet es posi a mans d'una empresa que es dediqui a la construcció de màquines, també hi ha inclòs una línia que permet valorar en cas que la empresa haguí tingut que subcontractar una empresa externa per realitzar aquesta feina, en el cas d'aquest projecte no és necessari posar cap valor, perquè se suposa que no és un projecte molt complexa i una empresa dedicada a això podrà assolir el muntatge.

Seguidament hi ha el conjunt anomenat comercial, en aquest es valora tots i cadascun dels elements que s'incorporaran en el projecte, que es poden comprar en pàgines web. En tots els elements hi ha inclòs la referència del proveïdor, la quantitat que es necessita, la pàgina web on s'ha comprat aquest producte, el subconjunt en el que està del disseny del projecte i el preu per unitat i total de la compra.

Quan es parla de subconjunts del projecte, es fa referència als 3 conjunts que es podrien desmuntar fàcilment per un transport adequat. Aquests venen a ser la base que incorpora la taula de la fresadora, les guies del pont i l'estructura tubular de la base, en el segon conjunt hi ha el pont de la màquina, que incorpora els patins guia, l'estructura tubular del pont i les guies del capçal de la màquina. I finalment el tercer subconjunt que incorpora tot el capçal. Aquest subconjunts han sigut anomenats de la següent manera per poder facilitar la seva identificació:

- La base : 100
- El pont : 200
- El capçal: 300

Finalment hi ha un apartat on es valoren altres costos on es podrien incloure despeses addicionals com podria ser: la necessitat d'un programador o entre d'altres, en aquest cas no s'han posat altres costos, ja que en principi s'ha valorat tot prèviament en els altres subapartats.

Doncs en la part inferior del pressupost es veu el preu total de la màquina, a primera vista aquest preu total es un preu elevat, però s'ha de tenir en conta que si aquest projecte fos realitzat per un usuari a nivell particular, és a dir que una gran part de les funcions les pogués fer ell, el preu només es reduiria en la suma del apartat comercial i el apartat de fabricació (en el cas que totes les peces no les pogués fabricar l'usuari). És a dir el disseny, i el muntatge es reduirien a zero, per tant el projecte assoliria un preu final de 4.118 € incloent els riscos (marges d'error) que incorporen cada apartat.

També cal destacar que si aquest fos un producte el qual s'arribés a comercialitzar, el preu també es reduiria, perquè la part de disseny només es faria una sola vegada i això comporta que el preu de venda al públic no fos tan elevat com el resultat obtingut.

# Pressupost del projecte

TASQUES DEL PROJECTE			HORES MÀ OBRA	COST MÀ OBRA (€/hora)	COST MATERIAL (€)	COST VIATGES (€)	ALTRES COSTOS (€)	TOTAL PER TASCA
DISSENY	DISSENY MECÀNIC	Desenvolupament conceptual	8,0	35,00 €	10,00 €	0,00 €	0,00 €	290,00 €
		Desenvolupament mecànic (Càlculs)	32,0	35,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1.120,00 €
		Disseny mecànic de la màquina	60,0	35,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.100,00 €
		Desenvolupament específic de la màquina (Plànols)	32,0	35,00 €	1.000,00 €	0,00 €	0,00 €	2.120,00 €
		Subtotal	132,0	35,00 €	1.010,00 €	0,00 €	0,00 €	5.630,00 €
	DISSENY ELÈCTRIC	Desenvolupament conceptual	4,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	120,00 €
		Desenvolupament elèctric (Càlculs)	8,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	240,00 €
		Disseny elèctric de la màquina	8,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	240,00 €
		Desenvolupament específic de la màquina (Plànols)	8,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	240,00 €
		Subtotal	28,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	840,00 €
Subtotals disseny			160,0	-	1.010,00 €	0,00 €	0,00 €	6.470,00 €
Riscos (previstos)			12,0	-	200,00 €	0,00 €	200,00 €	412,00 €
Total (programat disseny)			172,0	-	1.210,00 €	0,00 €	200,00 €	6.882,00 €

Sub C.		DENOMINACIÓ	REFERENCIA	UNITATS	Material	Acabat	fabricant	COST TOTAL
FABRICACIÓ	1006-100-00	Tub estructural 60x50 L=315 mm	1006-100-01	4	F-1110	RAL 9005	-	12,00 €
		Suport rodament 1	1006-100-21	1	F-1140	RAL 9005	-	20,00 €
		Suport rodament 2	1006-100-22	1	f-1140	RAL 9005	-	20,00 €
		Taula	1006-100-04	1	Alumini rectificat	Anoditzat 5-7 µm	-	80,00 €
		Tope final carrera	1006-100-23	4	F-1140	RAL 9005	-	20,00 €
	1006-200-00	Tub estructural 1 - 100x50 L =450 mm	1006-200-06	1	F-1110	RAL 9005	-	10,00 €
		Tub estructural 2 - 100x50 L =450 mm	1006-200-14	1	F-1110	RAL 9005	-	10,00 €
		Nervi pont	1006-200-18	4	F-1110	RAL 9005	-	9,00 €
		Suport patins	1006-200-05	2	F-1110	RAL 9005	-	13,00 €
		Tub estructural 3 - 40x40 L = 585 mm	1006-200-08	2	F-1110	RAL 9005	-	10,00 €
		Tub estructural 4 - 40x40 L = 555 mm	1006-200-20	1	F-1110	RAL 9005	-	10,00 €
		Suport pont femella	1006-200-19	2	F-1110	RAL 9005	-	20,00 €
	1006-300-00	Suport femella eix Y	1006-300-17	1	F-1110	RAL 9005	-	20,00 €
		Base 1	1006-300-16	1	F-1110	Pavonat	-	19,00 €
		Base 2	1006-300-24	1	F-1110	Pavonat	-	19,00 €
		Suport femella eix Z	1006-300-25	1	F-1110	RAL 9005	-	20,00 €
		Suport rodament	1006-300-26	2	F-1110	RAL 9005	-	
		Subtotal		REFERENCIA	30	Material	Acabat	fabricant
Subtotals fabricació		-	30,0	Material	Acabat	fabricant	312,00 €	
Riscos (previstos)		-	5	30,00 €	30,00 €	100,00 €	160,00 €	
Total (programat fabricació)		-	35,0	-	-	-	472,00 €	

		TASQUES DEL PROJECTE	HORES MÀ OBRA	COST MÀ OBRA (€)	COST MATERIAL (€)	COST VIATGES (€)	ALTRES COSTOS (€)	TOTAL PER TASCA
FABRICACIÓ	MECANITZACIÓ	Components fets a la fresadora	7,2	35,00 €	20,00 €	0,00 €	0,00 €	270,25 €
		Components fets al torn	3,0	30,00 €	20,00 €	0,00 €	0,00 €	110,00 €
		Tall làser	2,0	30,00 €	10,00 €	0,00 €	0,00 €	70,00 €
		Oxital	0,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Fabricació artesanal / a mà	1,0	50,00 €	5,00 €	0,00 €	0,00 €	55,00 €
		Subtotal	13,2	175,00 €	55,00 €	0,00 €	0,00 €	505,25 €
	SOLDADURA	Soldadura per arc voltaic	5,0	35,00 €	20,00 €	0,00 €	0,00 €	195,00 €
		Soldadura amb gas	0,0	35,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		soldadura per raig d'energia	0,0	35,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Altres	0,0	35,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Subtotal	5,0	140,00 €	20,00 €	0,00 €	0,00 €	195,00 €
	TRACTAMENTS SUPERF./TÈRMICS	Tractament termic	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Zincat	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Pavonat	24,0	10,00 €	15,00 €	0,00 €	0,00 €	255,00 €
		Pintat	40,0	10,00 €	15,00 €	0,00 €	0,00 €	415,00 €
		Altres	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Subtotal	64,0	20,00 €	30,00 €	0,00 €	0,00 €	670,00 €
Subtotals		82,2	-	105,00 €	0,00 €	0,00 €	865,00 €	
Riscos (previstos)		10,0	-	50,00 €	0,00 €	50,00 €	100,00 €	
Total (programat)		92,2	-	155,00 €	0,00 €	50,00 €	965,00 €	



		TASQUES DEL PROJECTE	HORES MÀ OBRA	COST MÀ OBRA (€)	COST MATERIAL (€)	COST VIATGES (€)	ALTRES COSTOS (€)	TOTAL PER TASCA
MUNTATGE	MUNTATGE	Emmagatzemen del material	5,0	12,00 €	15,00 €	0,00 €	0,00 €	75,00 €
		Revisió del material adquirit	2,0	12,00 €	75,00 €	0,00 €	0,00 €	99,00 €
		Ajuda externa	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
		Muntatge addicional del fabricant	8,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	240,00 €
		Assemblatge total	8,0	30,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	240,00 €
		Cablejat i connexionat	3,0	20,00 €	40,00 €	0,00 €	0,00 €	100,00 €
		Realitzar revisió posterior al projecte	2,0	10,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	20,00 €
		Subtotal	28,0	114,00 €	130,00 €	0,00 €	0,00 €	774,00 €
Subtotals		28,0	-	360,00 €	0,00 €	50,00 €	774,00 €	
Riscos (previstos)		8,0	-	50,00 €	0,00 €	50,00 €	100,00 €	
Total (programat)		36,0	-	410,00 €	0,00 €	100,00 €	874,00 €	

		DENOMINACIÓ	REFERENCIA	UNITATS	DISTRIBUIDOR	SUB CONJUNT	COST/UNITAT(€)	COST TOTAL
COMERCIAL	COMPONENTS MECHANICS	Peu estabilitzador (pack de 10 unitats)	a15112300ux2150	1	Amazon	100	7,52 €	7,52 €
		Guies lineals	311-1844	2	RS-Online	100	164,38 €	328,76 €
		Tornillo allen DIN912 M5X30 (bosa 50)	290-130	1	RS-Online	100	30,19 €	30,19 €
		Suport nema 23 (pack de 2 unitats)	300374_EU	1	Amazon	100/300	13,99 €	13,99 €
		Acoplament Ø8 - Ø10 (pack de 2 unitats)	a16030800ux0222	1	Amazon	100/200	11,30 €	11,30 €
		Cargol sense fi	RPTS TR 24X5	1	Tecnopower	100	36,99 €	36,99 €
		Femmella per el cargol sense fi	EFM TR 24x5	1	Tecnopower	100	12,40 €	12,40 €
		Rodament amb brida (suport Cargol sense fi)	SP00005	2	CNC-Home	100	4,95 €	9,90 €
		Pati guia 20	311-1771	4	RS-Online	200	106,24 €	424,96 €
		Rodament amb brida (suport Cargol sense fi)	SPO0005	2	CNC-Home	200	4,95 €	9,90 €
		Cargol sense fi	RPTS TR 20X4	1	Tecnopower	200	30,25 €	30,25 €
		Rail 15 - 500 + pati (pack)	B07BSB5Z9M	2	Amazon	200/300	40,57 €	81,14 €
		Femmella per el cargol sense fi	EFM TR 20x4	1	Tecnopower	300	9,68 €	9,68 €
		Acoplament Ø8 - Ø10 (pack de 2 unitats)	a16030800ux0222	1	Amazon	300/Recanvi	11,30 €	11,30 €
		Rodament amb brida (suport Cargol sense fi)	SP00005	2	CNC-Home	300	4,95 €	9,90 €
		Cargol sense fi	RPTS TR 16X4	1	Tecnopower	300	36,99 €	36,99 €
		Femmella per el cargol sense fi	EFM TR 16x4	1	Tecnopower	300	12,40 €	12,40 €
		Rail 15 - 500 + pati (pack) (es tindran que tallar a mida)	B07BSB5Z9M	2	Amazon	300	40,57 €	81,14 €
		Cadena porta cables 10x20 mm	CDNA0002	3	CNC-Home	100/200/300	12,31 €	36,93 €
		Brida Motor	BRIG0001	1	CNC-Home	300	60,00 €	60,00 €
		Subtotal	-	31,00	DISTRIBUIDOR	-	651,93 €	1.255,64 €
	COMPONENTS ELECTRO-MECHANICS	Motor NEMA 23	MOT0002	1	CNC-Home	100	39,58 €	39,58 €
		Motor NEMA 23	MOT0002	1	CNC-Home	200	39,58 €	39,58 €
		Motor NEMA 23	MOT0002	1	CNC-Home	300	39,58 €	39,58 €
		Finals de curça	TZ-8104	6	Amazon	100/200/300	6,07 €	36,42 €
		Motor Fresadora 2,2KW + Variador refrigerat per aire	MAND0003	1	CNC-Home	300	380,00 €	380,00 €
		Rele	a13100900ux0371	6	Amazon	100/200/300	4,46 €	26,76 €
		Subtotal	-	16,00	DISTRIBUIDOR	-	3958,30%	561,93 €
	COMPONENTS ELÉCTRICS	Controladora profesional XHC-MK4 USB interface Mach3	INT0005	1	CNC-Home	100/200/300	239,34 €	23934,16%
		Driver TB6600 0.2 - 5A Two Phase	DRV0001	3	CNC-Home	100/200/300	18,64 €	5592,00%
		Font 500W 24V 21A d'alimentació conmutada C.N.C.	FTA0002	1	CNC-Home	100/200/300	49,69 €	4969,41%
		Sensor fotoelèctric (Home)	480-5231	3	RS-Online	100/200/300	20,35 €	6105,00%
		Subtotal	-	8,00	DISTRIBUIDOR	-	3502,21%	406,01 €
	ACCESSORIS	Boto parada d'emergencia	ELECT0008	1	CNC-Home	100	9,50 €	9,50 €
		Pack de broques	XT606470001	1	Amazon	300	27,23 €	27,23 €
		Pinça portabroques 2,5 mm	IER0001	1	CNC-Home	300	4,05 €	4,05 €
		Pinça portabroques 3 mm	IER0015	1	CNC-Home	300	4,05 €	4,05 €
		Pinça portabroques 3,5 mm	IER00028	1	CNC-Home	300	4,05 €	4,05 €
		Pinça portabroques 4 mm	IER0010	1	CNC-Home	300	4,05 €	4,05 €
		Pinça portabroques 4,5 mm	IER0002	1	CNC-Home	300	4,50 €	4,50 €
		PC industrial windwos 10 (mach4) / windows 7 (mach 3)	B01GBHD156	1	Amazon	100/200/300	302,99 €	302,99 €
		Fixació rapida	FJA0001	4	CNC-Home	100	12,00 €	48,00 €
		Subtotal	-	11,00	-	-	372,42 €	408,42 €
Subtotal		-	-	-	-	2.631,99 €		
Riscos (previstos)		-	-	-	-	50,00 €		
Total (programat)		-	-	-	-	2.681,99 €		

TASQUES DEL PROJECTE		HORES MÀ OBRA	COST MÀ OBRA (€)	COST MATERIAL (€)	COST VIATGES (€)	ALTRES COSTOS (€)	TOTAL PER TASCA
ALTRES COSTOS	Transports comercials	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Transports de fabricació	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	Altres costos	0,0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
	<b>Subtotal</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>

Projecte complet		Hores dedicades					
<b>Subtotals</b>		<b>270,2</b>	-	-	-	-	<b>11.052,99 €</b>
Riscos (previstos)		30,0	-	-	-	-	<b>822,00 €</b>
<b>Total (programat)</b>		<b>300,2</b>	-	-	-	-	<b>11.874,99 €</b>

## Cronograma

El darrer document mostra un cronograma, on inclou totes les funcions que s'han descrit en el pressupost, es a dir aquest Timing ajudarà al lector a entendre quin desenvolupament temporal adopta tot aquest procés per fabricar la fresadora.

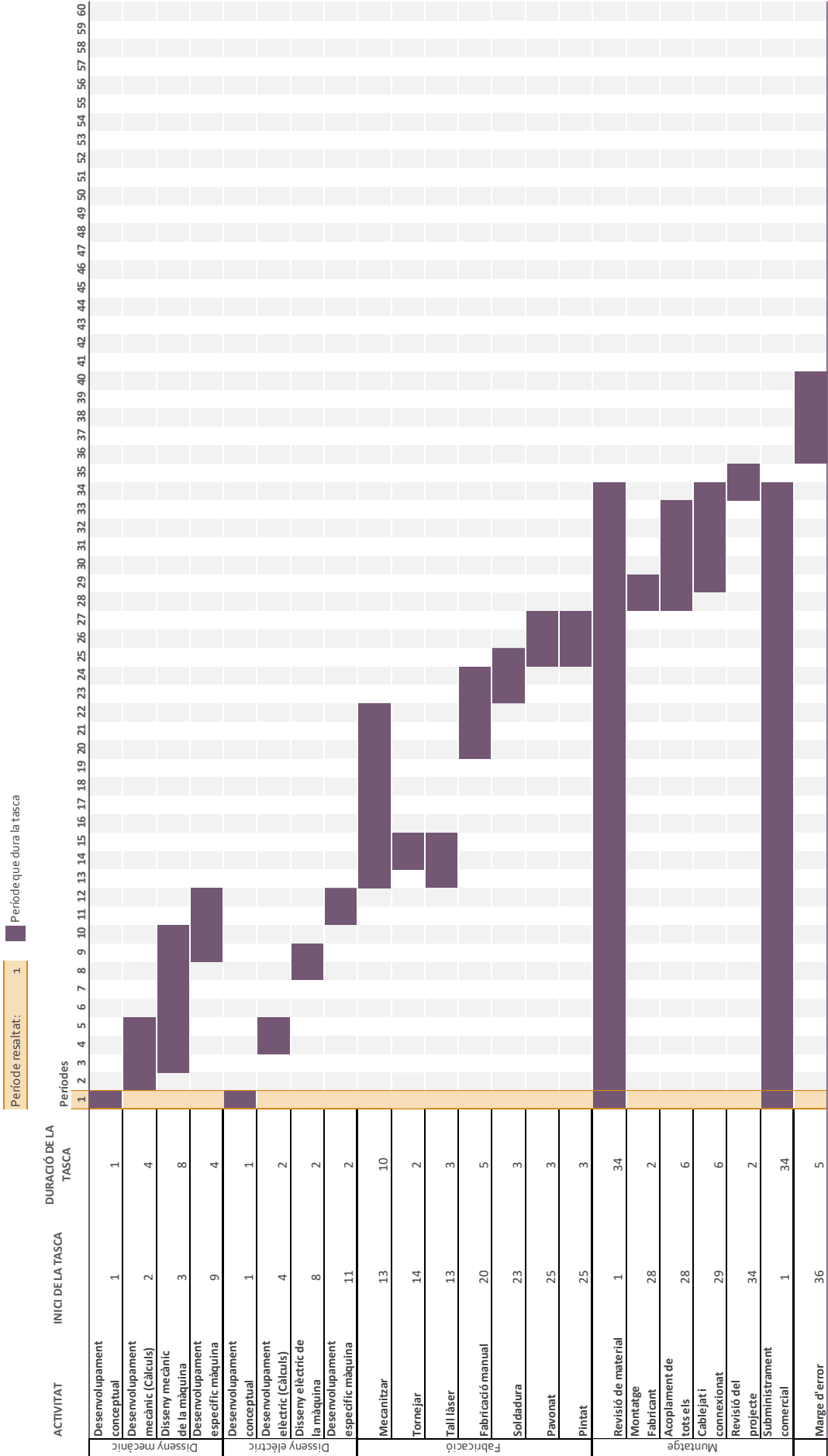
En el cronograma es poden veure 3 apartats destacables, en primer lloc, a la part esquerra del document es veuen totes les activitats que s'ha incorporat en el pressupost, les dues columnes que incorpora són els dies que durarà l'acció i quin serà el dia d'inici d'aquesta. Per altra banda en la segona zona situada a la part superior del cronograma hi ha números del 1 al 60, aquest valors volen significar els dies que es triga a fer una acció, es a dir, tots el números representen dies dedicats a realitzar el projecte, això comporta que no estiguin representats els caps de setmana o dies no laborals. I en la tercera zona a la part central del Timing apareixen les barres que ajuden a visualitzar fàcilment els temps d'inici i finalització de cada activitat.

En primer lloc es pot apreciar el temps total estimat que tindrà aquest projecte, 40 dies treballats en el projecte, aquest període es totalment variable ja que com també es pot veure, moltes de les etapes es solapen entre elles, ja que no es necessari que es faci una darrera l'altre, d'aquesta manera subutilitza temps de fabricació i de finalització del projecte.

En cas que, aquest projecte es realitzi amb més d'una persona treballant, i en la fabricació i participessin mes d'un taller, es podria reduir el temps de fabricació.

Per altra banda totes les hores que s'han introduït en el pressupost estan reflectides en el cronograma (incloent també el marge d'error temporal que s'ha de tenir en compte).

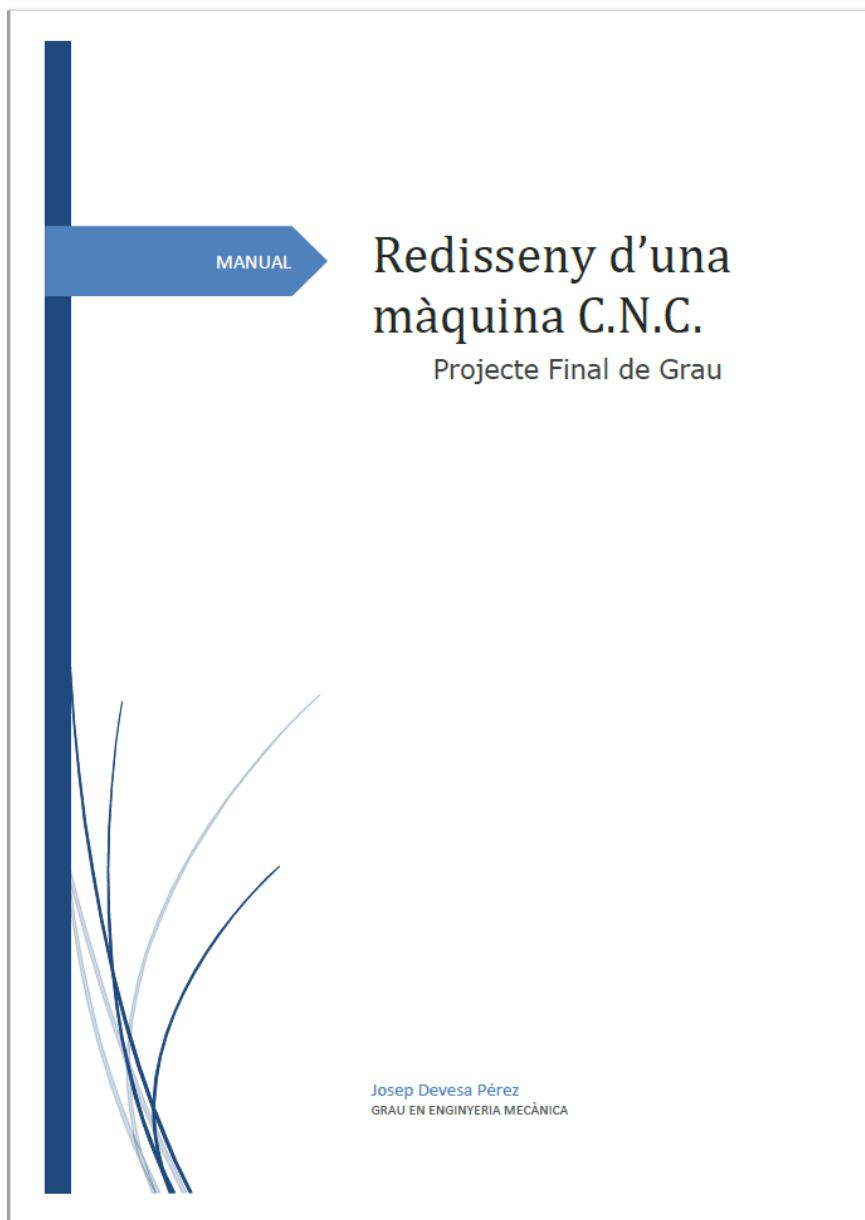
# Planificació del projecte



## Condicions per a la seva execució

En els annex del document es mostra el manual que incorpora la màquina on es descriu com treballar amb ella i el seu funcionament adequat.

Aquest document serà adjuntat en un document a part (en els annexos ), perquè l'usuari pugui deixar-lo al costat de la màquina, per disposar en tot moment del document davant de dubtes que se li plantegin.



*Il·lustració 49: Portada del Manual de la màquina*

## Anàlisi de les implicacions ambientals

A continuació s'exposarà quins factors s'han tingut en compte per realitzar un disseny que estigui acompanyat d'un pensament sostenible, per tal de que el projecte causi el menor impacte medi ambiental possible.

S'analitzaran varis punt que ajudaran a entendre quins principis medi ambientals s'han emprat:

- Fer un **disseny modular** per el seu desmantellament i reaprofitament del material.
- Prioritzar processos amb un consum eficient de **matèries primes**
- **Vibracions i sorolls** que pot crear la màquina
- Utilitzar **materials re-aprofitables**.
- Fer assaigs i **prototipus virtuals**
- Evitar processos **contaminants**
- **Emissions** a la atmosfera en el seu funcionament
- Fer un **manteniment** correcte per aconseguir una vida útil mes elevada.

En primer lloc s'ha optat per fer un **disseny modular**, per poder desmuntar la màquina fàcilment, això comporta que en el moment que es vulgui reciclar peces de la màquina per un altre projecte similar sigui totalment possible, tot i així la part estructural del pont que transporta el capçal, si que és totalment rígida (peces soldades entre elles) i això comporta que la seva reutilització sigui complexa, però totes les peces comprades, des de les guies, els patins lineals, els cargols sense fi els motors, tan els de transport com el motor de treball, són fàcilment desmuntables i d'aquesta manera reutilitzables per un altre projecte.

Seguidament també s'ha tingut amb comte que, aquesta fresadora pugui treballar amb **matèries primes** reciclables, com podria ser: plàstic reciclable, alumini, fusta, entre d'altres... de manera que, tots els encenalls residuals que es creen al mecanitzar una peça



Il·lustració 50: il·lustració representativa del anàlisi de les implicacions ambientals

[<https://www.votatuprofesor.com/blog/item/1113-educar-en-valores-educar-en-el-reciclaje>, 23 de març del 2018]

siguin re-aprofitables o en el cas de la fusta es puguin reutilitzar per cremar en estufes o simplement poder llençar aquest residus al contenidor orgànic.

En el manual d'aquesta màquina s'esmenta la possibilitat de calibrar l'estabilitat física de la màquina, mitjançant unes potes situades en els quatre extrems de la màquina, aquestes potes han estat principalment dissenyades per una estabilitat elevada i reduir el màxim de **vibracions** possibles de la màquina i així també disminuir el **soroll** que podria fer aquesta.

Un dels factors a tenir en compte es que, depenent del material el qual es treballi en la fresadora, el soroll que pot produir aquest pot ser major o menor, per tant es recomana que aquesta estigui situada en un entorn insonoritzar o que aquesta treballi en un habitatge construït especialment per reduir els efectes sonors produïts per la broca al tallar el material, com podria ser una vitrina especial o similar.

Anteriorment s'ha comentat que s'utilitza **materials re-aprofitables** per altres projectes, molts d'aquests són tots els elements comprats, inclús es podrien re-aprofitar materials de fabricació com podria ser la taula de treball o el conjunt del capçal, entre d'altres.

En el procés de creació d'aquest projecte, per evitar prototips previs reals i crear un consum elevat de materials s'ha creat un **prototips virtual** (disseny CAD) previ on tots els canvis i problemes d'acoblament han aparegut en el disseny i s'han pogut rectificar fàcilment, sense cap cost addicional, això proporciona la seguretat i fiabilitat de començar a fabricar, sense risc de col·lisions o errors en el muntatge.

En el muntatge, fabricació o funcionament d'aquesta màquina no apareix cap residu **contaminant**, ja que tots els materials mecanitzats de la màquina han creat encenalls, els quals s'han pogut reciclar per tornar a la fundació i reaprofitar el material, també això serà possible amb els residus creats en el funcionament de la màquina.

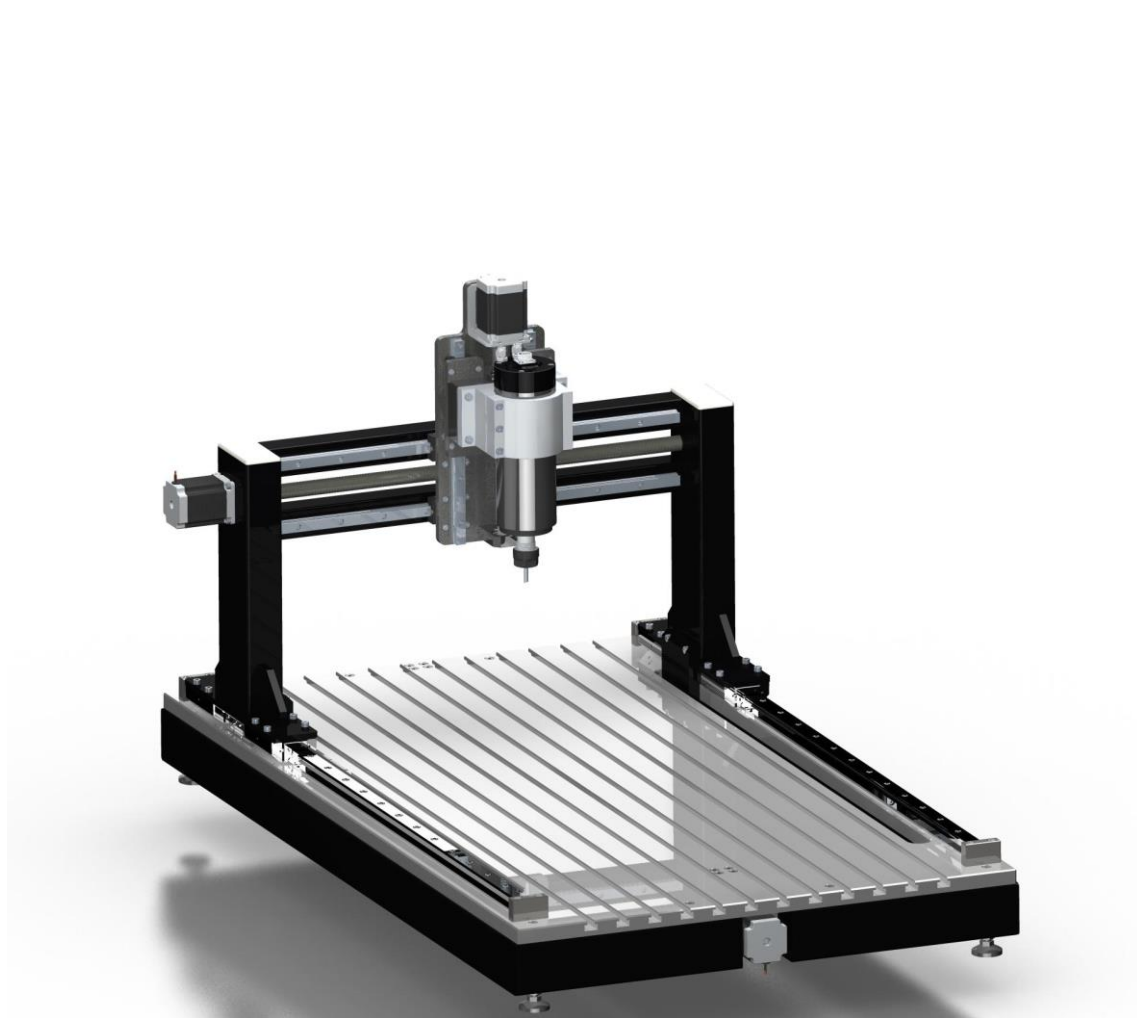
Al ser una màquina totalment elèctrica no crea **emissions** de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, per tant en el seu funcionament, no hi ha cap tipus de emissió contaminant per el medi ambient.

En aquesta tipologia de maquinària, acostumen a tenir molt fregament en les parts mecàniques que tenen moviment, com poden ser els patins guia, els cargols sense fi els rodaments, entre d'altres. Per poder evitar que la seva vida útil sigui reduïda, cal aplicar tal com diu en el manual de la màquina presentat anteriorment, el **manteniment** adequat amb la freqüència adequada, es recomanable també que si l'usuari incorpora un tipus de material comercial que requereix engraxar-lo, es faci amb la grassa que recomana el fabricant del producte.

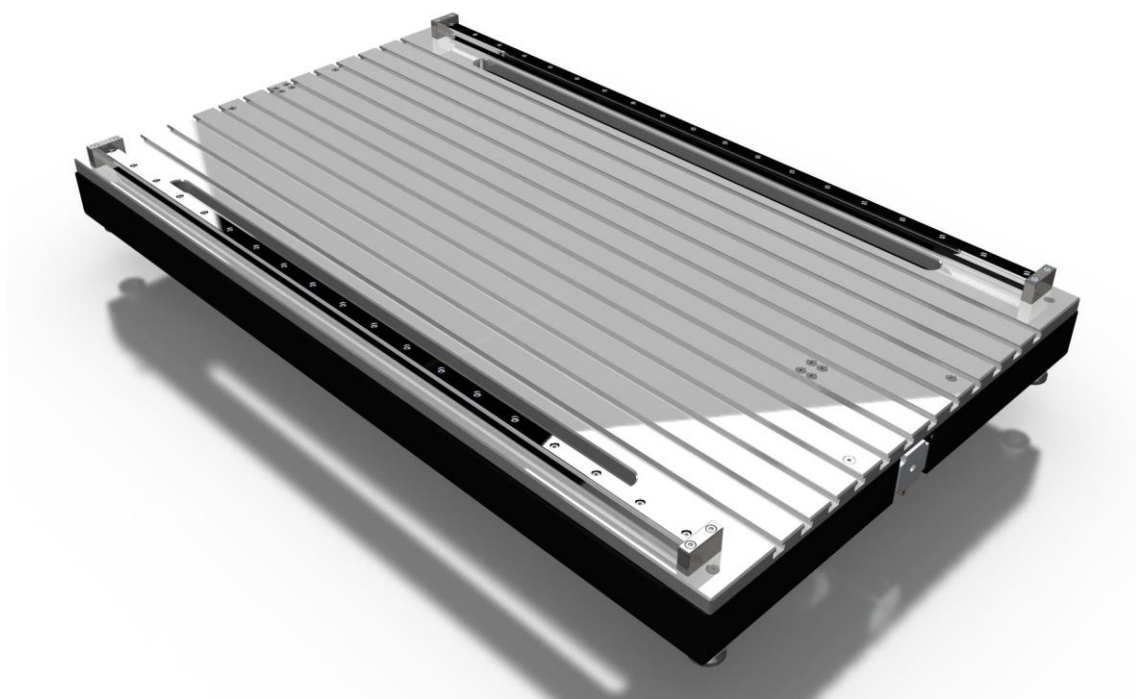
## Aportació física.

La aportació física d'aquest treball esta orientada a presentar al lector fotografies renderitzades virtualment amb el programa *Creo Paramètric*. I així poder veure com es podria presentar en un futur la màquina final, amb els tractaments i capes de pintura aplicades en el material fabricat.

En la part posterior del treball incorpora un CD on inclou el 3D amb format Step per que qualsevol usuari que vulgui veure el 3D complet d'aquest projecte, pugui obrir-lo amb qualsevol programa CAD.



*Il·lustració 51: Vista isomètrica del disseny plantejat en aquest projecte*

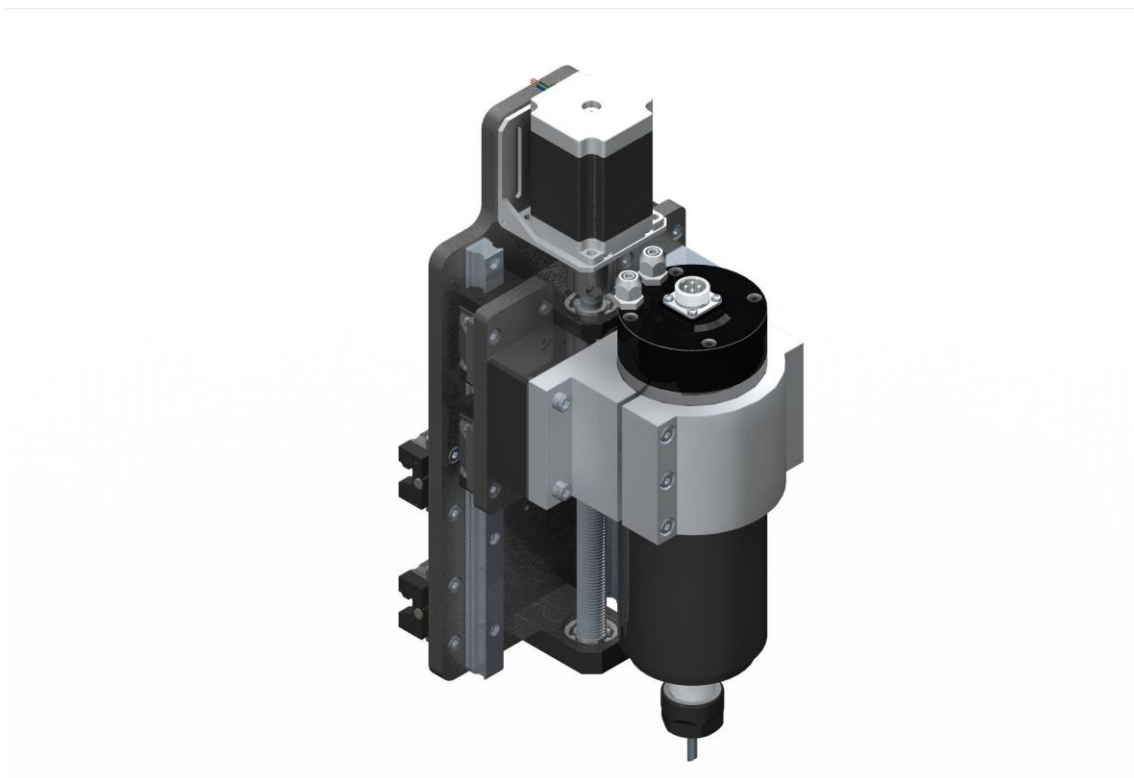


*Il·lustració 52: vista isomètrica del conjunt 100 de la fresadora*



*Il·lustració 53: vista isomètrica del conjunt 200 de la fresadora*





*Il·lustració 54: Vista isomètrica del conjunt 300*

## Conclusions obtingudes del treball realitzat

Finalment després de haver realitzat aquest treball s'ha pogut concloure que un redisseny de una màquina C.N.C. és totalment factible per qualsevol usuari particular que es plantegi construir una fresadora per un us domèstic.

Tot i així s'ha pogut veure que al intentar complir un dels objectius principals, que era la precisió, doncs s'ha tingut que incorpora materials comercials que tenen un preu elevat i això ha comportat que el preu final d'aquest projecte sigui molt més elevat del esperat.

Tot i així no s'ha plantejat la possibilitat en cap moment fer servir material reutilitzat, per abaratir costos, això ajudaria a que el preu final no fos tant elevat.

D'altra banda un dels factors que pot complicar més la realització d'aquest projecte és la part electrònica, ja que s'ha optat per introduir en el treball components prèviament programats, depenent del tipus de màquina C.N.C. que vulgui redissenyar l'usuari, no es podran adaptar fàcilment a les seves necessitats, tot i que la controladora instal·lada és una controladora molt versàtil que pot adaptar-se a molts tipus de fresadores.

Degut als bons resultats obtinguts d'aquest projecte, es possible que el propi autor d'aquest treball posi en practica el redisseny exposat, inclús poder comercialitzar (en el cas que la fabricació hagi sigut concloent) el producte a empreses o particulars.

Finalment s'espera que, el lector hagi tingut el màxim d'informació possible per poder adquirir o complementar els coneixements necessaris per realitzar una màquina C.N.C. i/o poder fer el seu propi redisseny.

## Futurs desenvolupaments del projecte

Els futurs desenvolupaments que pot tenir aquest projecte, és modificar molts dels paràmetres o objectius inicials d'aquest.

Seria possible tornar a realitzar els càlculs, perquè la potencia de la màquina sigui l'adequada per treballar materials més durs, com podria ser l'acer F-1110 o F-1140, dos dels acers més comuns a la indústria.

També es podria plantejar diversificar el projecte, en funció de les dimensions del material a treballar, com podrien ser xapes, o fer fabricació de circuits integrats, entre d'altres.

Un altre apartat que es podria plantejar en un proper projecte d'aquesta màquina seria, enfocar-la per comercialitzar-la, es a dir el càlcul estimat de la producció de la màquina quedaria reduït, ja que els costos de disseny es veurien repartits en totes les fresadores venudes.

Un dels altres desenvolupaments del projecte, seria aprofitar la mateixa base d'aquest treball, i que l'objectiu de la màquina sigui un altre, es a dir, en ves de fer una fresadora C.N.C. de 3 eixos, fer un torn C.N.C o inclús es podria plantejar fer una fresadora de 5 eixos, d'aquesta manera augmentaria la complexitat del projecte.

Per últim, es podria afegir també després de que l'usuari hagi creat aquesta fresadora, es podria prendre nota dels problemes o qüestions ha tingut a la hora de reconstruir aquest model de fresadora i així poder redefinir més be tots els paràmetres que es plantegen durant el treball, per aconseguir una explicació precisa del procés per crear una fresadora C.N.C.

## Webgrafia consultada.

- **Inventables.** (En línia) [<https://www.inventables.com/technologies/x-carve>, 23 de setembre del 2017]
- **Historia de la Fresadora.** (27 de febrer del 2017) [<https://historia-biografia.com/historia-de-la-fresadora/>, 25 de setembre del 2017]
- **Fresadora.** (27 de setembre de 2015) [<https://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora>, 25 de setembre del 2017]
- **Estructura de la fresadora.** (8 de setembre del 2011) [<https://arukasi.wordpress.com/2011/09/08/estructura-de-la-fresadora/>, 26 de setembre del 2017]
- **Historia i evolució del CNC.** (7 de setembre del 2014) [<http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2088>, 30 de setembre del 2017]
- **Control numèric.** (24 juny 2011) [[https://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_num%C3%A9rico](https://es.wikipedia.org/wiki/Control_num%C3%A9rico), 30 de setembre del 2017]
- **CAD / CAM.** (22 de febrer del 2007) [<https://es.wikipedia.org/wiki/CAD/CAM>, 4 de setembre del 2017]
- **Disseny assistit per ordinador.** (28 de juny del 2011) [[https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o\\_asistido\\_por\\_computadora](https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_asistido_por_computadora), 4 de setembre del 2017]
- **CAD /CAM . Autodesk.** (en línia) [<https://www.autodesk.es/solutions/cad-cam>, 4 de setembre del 2017]
- **Catàleg Proxxon.** ( en línia ) [<https://www.proxxon.com/en/catalogues/micromot/spanish/#>, 8 de octubre del 2017]
- **MODELA MDX-50. Fresadora CNC de Sobretaula.** (en línia) [<https://www.rolanddga.com/es-la/productos/3d/mdx-50-benchtop-cnc-mill>, 10 de octubre del 2017]
- **CATIA.** (10 de maig de 2018) [<https://www.ecured.cu/CATIA>, 12 de octubre del 2017]
- **SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve.** (en línia) [<https://solid-bi.es/solidworks/>, 14 de octubre del 2017]
- **Tabla de precios de SOLIDWORKS.** (en línia) [<https://www.cimworks.es/precios-solidworks/>, 14 de octubre del 2017]
- **Siemens NX cost.** (2 de desembre del 2014) [[https://www.reddit.com/r/cad/comments/23advz/siemens\\_nx\\_cost/](https://www.reddit.com/r/cad/comments/23advz/siemens_nx_cost/), 15 de octubre del 2017]
- **Explore Simcenter 3D.** (en línia) [<https://www.plm.automation.siemens.com/es/products/simcenter/3d/index.shtml>, 15 de octubre del 2017]

- **Creo elements pro** (en línia) [<http://www.3dcadportal.com/creo-elements-pro.html>, 15 de octubre del 2017]
- **Paquetes PtC Creo Parametric essentials.** (en línia) [[http://www.trainex.com.mx/Creo\\_Parametric\\_Essentials\\_Packages\\_es.pdf](http://www.trainex.com.mx/Creo_Parametric_Essentials_Packages_es.pdf), 15 de octubre del 2017]
- **Inventor. Descripción.** (en línia) [<https://www.autodesk.es/products/inventor/overview>, 18 de octubre del 2017]
- **Autodesk Inventor.** (26 de novembre de 2009) [[https://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_Inventor](https://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Inventor), 18 de octubre del 2017]
- **FreeCAD.** (en línia) [<https://www.freecadweb.org/>, 18 de octubre del 2017]
- **Mastercam. Milling Solutions.** (en línia) [<https://www.mastercam.com/en-us/Solutions/Milling-Solutions>, 19 de octubre del 2017]
- **Vectric Online Store.** ( en línia) [<http://www.vectric.com/store.html>, 21 de octubre del 2017]
- **Vectric. Products - Cut3D.** (en línia) [<http://www.vectric.com/products/cut3d.html>, 21 de octubre del 2017]
- **Vectric. Downloads.** (en línia) [<http://www.vectric.com/downloads/trial-software.html>, 21 de octubre del 2017]
- **Tecnopower, home, Products, Husillo de rosca trapecial.** (en línia) [<http://www.tecnopower.es/husillo-de-rosca-trapecial>, 26 de octubre del 2017]
- **Alacer mas. Propiedades del aluminio barra y chapa .** (en línia) [<http://www.alacermas.com/productos.php?categoria=82&subcategoria=230&gama=82&producto=832>, 26 de octubre del 2017]
- **Common Drilling Formulas.** (en línia) [<http://www.guhring.com/documents/Tech/Formulas/Drilling.pdf>, 11 de noviembre del 2017]
- **Fórmulas y definiciones de fresado.** (en línia) [<https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machining-formulas-definitions/pages/milling.aspx>, 15 de noviembre del 2018]
- **Ejemplo dimensionado conjunto husillo-tuerca.** (en línia) [<http://www.baiz.net/es/conceptoestandar.html>, 18 de noviembre del 2018]
- **Maquinabilidad: definición.** (en línia ) [[https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece\\_materials/machinability\\_definition/pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece_materials/machinability_definition/pages/default.aspx), 28 de noviembre del 2017]
- **CNC Usb Controller. Controladora USB para mach3 CNC MK3-IV** (en línia ) [<https://maquineros.com/C.N.C.-usb-controller/>, 8 d desembre del 2017]
- **Motor de corriente alterna.** (26 de abril del 2017) [[https://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_corriente\\_alterna#Motores\\_as%C3%A9ncronos](https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_alterna#Motores_as%C3%A9ncronos), 12 de desembre del 2017]
- **Motores de corriente alterna** (en línia) [<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20corriente%20alterna.htm>, 14 de desembre del 2017]

- **Video Motores de Corriente Alterna** (15 de maig de 2017)  
[<https://www.youtube.com/watch?v=3brNIh8oVno>, 14 de desembre del 2017]
- **Variador de frecuencia** (27 de maig de 2010)  
[[https://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia), 20 de desembre del 2017]
- **Que es un driver?** (2013) [<http://www.C.N.C.controlapp.com/drivers.html>, 29 de desembre del 2017]
- **ElectroniLAB.** (en línia) [<https://electronilab.co/tienda/driver-microstepper-motor-paso-paso-tb6600-0-2-5a-12-48vdc/>, 29 de desembre del 2017]
- **Motores CNC** (25 de febrer del 2010 )  
[<http://tallerdedalo.es/web/MundoC.N.C./Motores>, 8 de gener del 2018]
- **La guía definitiva para comprar los mejores motores paso a paso** (28 de novembre del 2016) [<https://www.staticboards.es/blog/motores-paso-paso/>, 10 de gener del 2018]
- **Stepper Motors vs. Servomotors: selecció d'un motor** (10 de juliol de 2017)  
[<http://ca.usattmotor.com/news/stepper-motors-vs-servo-motors-selecting-a-8479613.html>, 18 de gener del 2018]
- **CNC GAN** (en línia) [<http://www.C.N.C.gan.com/guias-lineales/25-patín-normal-de-15mm.html>, 5 de febrer del 2018]
- **Stepper Motor** (en línia )  
[[http://www.ekt2.com/pdf/96\\_STEPPER\\_MOTOR\\_23HS8430.pdf](http://www.ekt2.com/pdf/96_STEPPER_MOTOR_23HS8430.pdf), 8 de febrer del 2018]

## Annexos

Els annexos d'aquest projecte inclouen el manual de l màquina i els plànols de les peces més importants de la màquina.



MANUAL

# Redisseny d'una màquina C.N.C.

Projecte Final de Grau



Josep Devesa Pérez  
GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA



## Índex

<b>1.</b>	<b>Introducció</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Descripció general</b>	<b>2</b>
2-01	Descripció de l'equip	2
2-02	Us previst	2
2-03	Dades tècniques de l'equip	3
<b>3.</b>	<b>transport ,instal·lació i encesa- apagat</b>	<b>3</b>
3-01	Transport	3
3-02	Instal·lació	3
3-03	Encesa i apagat	3
<b>4.</b>	<b>Seguretat</b>	<b>4</b>
4-01	Advertències de seguretat	4
4-02	Perills específics del equip	4
4-03	Equip de protecció individual	4
4-04	Soroll vibracions	4
<b>5.</b>	<b>Funcionament</b>	<b>5</b>
5-01	Panell de control	5
5-02	Funcionament en manual	5
5-03	Funcionament en automàtic	5
5-04	Calibratge	5
5-05	Actuació en cas d'emergència	5
<b>6.</b>	<b>Manteniment</b>	<b>5</b>
6-01	Manteniment preventiu	5
6-02	Operacions de reglatge	6
6-03	Peces de desgast	7
<b>7.</b>	<b>Documents annexos</b>	<b>7</b>

## 1. INTRODUCCIÓ

Dades del projecte:

Projecte: 1006 – Redisseny d'una màquina C.N.C

Any de fabricació: 2018

Dades del fabricant: annexos

Josep Devesa Pérez

Estudiant de la UPC de Manresa (Barcelona)

Grau de Enginyeria Mecànica

Aquest manual conte les instruccions de seguretat, funcionament i manteniment que són necessàries per una correcta utilització de l'equip. Llegeixi detingudament les instruccions abans operar en l'equip.

## 2. DESCRIPCIÓ GENERAL

### 2-01 Descripció de l'equip

L'equip consta d'una estructura de dimensions compactes on incorpora tres subconjunts, dos d'ells mòbils. El subconjunt principal, és la base de l'equip que suporta els altres dos subconjunts, aquest està format per els mecanismes de transport de l'eix X del pont transportador i una base metàl·lica que actua com a taula de treball dins de la màquina, la taula està mecanitzada amb ranures en forma de "T", per poder tenir més facilitat a la hora de fixar una peça que es vulgui mecanitzar.

El segon subconjunt, està compost pel pont principal de la màquina que transporta el motor de treball i el segon subconjunt. Té un moviment axial en l'eix horitzontal (eix X). El tercer subconjunt, està instal·lat dins del segon subconjunt, aquest és un carro de transport que mou el motor de treball a través del pont transversal, transportant el motor en l'eix Y i Z.

La màquina incorpora una caixa elèctrica externa on hi ha incorporada tota la part elèctrica i electrònica de la màquina. Dins del quadre elèctric hi ha la controladora Mach3, la font d'alimentació, els tres drivers que controlen els motors i el variador de potència del motor principal de corrent alterna.

Per altre banda hi han components externs no subjectats a la màquina que són per completar el correcte funcionament de la màquina. Aquest són els portabroques de diferents mides, les diferents broques amb les quals pot treballar, les eines de fixació de la taula que subjecten la peça amb les ranures de la base i dues claus angleses que són utilitzades per canviar les broques de treball i poder-les collar correctament.

### 2-02 Us previst

L'equip s'ha dissenyat per fer mecanitzacions de peces relativament petites (de dimensions màximes 200x500x900) amb una duresa no molt elevada, com a màxim permet fresar materials semblants o inferiors a la duresa de l'alumini 6061.

## 2-03 Dades tècniques de l'equip

Les dades tècniques destacades de l'equip són:

Dades de treball:

Temps de cicle ..... Segons la peça a mecanitzar

Dimensions i pes:

Dimensions generals ..... 1200x700m x700 mm altura

Pes ..... 45 Kg

Connexió:

Potència elèctrica ..... 2,2 Kw

Tensió elèctrica ..... 230V 50Hz

Altres dades:

Temperatura de utilització ..... entre 5 y 40 °C

Col·locació ..... Per us interior, protegir de l'aigua

## 3. TRANSPORT ,INSTAL·LACIÓ I ENCESA- APAGAT

### 3-01 Transport

Les dimensions i pes de l'equip, s'indiquen en el punt "Dades tècniques de l'equip".

El transport de la màquina es requereix fer amb la màquina el més desmuntada possible, si més no amb els subconjunts comentats anteriorment en la descripció principal, ja que les batzegades en el transport, podrien provocar mal funcionaments de la màquina, inclús un des-calibratge de les parts mecàniques de l'equip. En el cas de que sigui imprescindible el transport de la màquina amb tots els conjunts muntats, és important fixar molt be les guies.

### 3-02 Instal·lació

Un cop col·locat al lloc de treball, l'equip s'ha d' anivellar i s'ha de verificar que estigui estable i segur.

S'hauran de subministrar a l'equip, les connexions elèctriques que indiquin el punt "Dades tècniques de l'equip". Ajudeu-vos dels plànols i esquemes per a aquesta operació.

### 3-03 Encesa i apagat

Abans de l'encesa de l'equip, comprovar que no hi ha cap element desmuntat, mal posicionat. Així mateix, verificar que l'equip no tingui proteccions col·locades exclusivament per al seu transport.

Instruccions per a l'encesa:

- Cal verificar la correcta posició dels estris intercanviables o peces, i de les proteccions de seguretat.
- Connectar la tensió elèctrica mitjançant el seccionador principal.
- Cal verificar que el programa de control instal·lat en el PC, que es comunicarà amb la màquina estigui engegat i preparat per el seu funcionament.

- És important que en el moment que estigui la màquina connectada a la corrent no es forcin cap dels motors manualment.

Instruccions per a l'apagat:

- Cal verificar que l'equip no està realitzant cap maniobra, ajudeu-vos del programa de control del PC per saber que no està en espera enmig d'un cicle automàtic.
- Desconnectar la tensió elèctrica mitjançant el seccionador principal situat en la font d'energia.

## 4. SEGURETAT

### 4-01 Advertències de seguretat

No hauria de fer servir l'equip cap persona que no hagi rebut una formació mínima sobre la seguretat de la màquina. És molt important que les persones que realitzin el manteniment estiguin degudament informats de com s'ha de fer.

Verificar periòdicament que les proteccions i altres elements de seguretat estan fermament subjectes i estables.

Disposi sempre d'una còpia del manual prop de l'equip.

### 4-02 Perills específics del equip

L'equip com que no ha estat dissenyat per comercialitzar-lo, no comporta cap tipus de mesura preventiva que protegeixi al usuari de patir un accident. És important tenir en compte que, sota cap concepte l'usuari ha d'introduir cap extremitat a prop o a dins de la àrea de treball de la màquina, també cal estar atent a les guies lineals de la màquina que no tinguin la possibilitat de enganxar cap extremitat del cos.

Es a dir quan la màquina està en funcionament, s'aconsella estar a 1 m mínim del perímetre exterior de la màquina per així prevenir tots els riscos possibles que puguin aparèixer.

### 4-03 Equip de protecció individual

Per poder treballar en aquesta màquina es necessari que l'usuari porti posat, guants de seguretat, botes de seguretat, ulleres de protecció, en cas de treballar materials metàl·lics o molt durs cal que l'usuari també incorpori taps per les orelles, ja que treballar moltes hores a prop de la màquina podria provocar problemes d'oïda i si s'escau una bata o roba adequada per a treballar en un taller per evitar qualsevol incident.

### 4-04 Soroll vibracions

El soroll acústic generat per l'equip és probable que superi els 70dB a la hora de treballar materials metàl·lics o molt durs, a les hores cal incorporar la protecció adequada, redactat en el punt 4-04.

El nivell de vibracions no és superior a  $2.5 \text{ m/s}^2$  gràcies a les potes estabilitzadores.

## 5. FUNCIONAMENT

### 5-01 Panell de control

Aquesta màquina no disposa de cap panell de control físic, però sí virtual, és a dir el panell de control estarà instal·lat en el ordenador que controli aquesta màquina. Aquest serà el Software de control que incorpora la controladora Mach3, per altra banda el manual de aquesta controladora és totalment gratuït i es pot obtenir des de el següent enllaç.

[http://www.machsupport.com/wp-content/uploads/2013/02/Mach3Mill\\_Espa%C3%B1ol.pdf](http://www.machsupport.com/wp-content/uploads/2013/02/Mach3Mill_Espa%C3%B1ol.pdf)

### 5-02 Funcionament en manual

El funcionament en manual d'aquesta màquina està dirigit a partir de el software de control de la controladora Mach3, el qual és dominat amb el teclat de l'ordenador.

### 5-03 Funcionament en automàtic

El funcionament automàtic, ve determinat per el codi G creat per el programa CAM amb un arxiu amb la extensió ".tap" que s'executa mitjançant el software de control Mach3.

### 5-04 Calibratge

Per calibrar aquesta màquina es requereix tenir tots els subconjunts muntats i preparats per el funcionament, també es necessita que l'equip estigui ben anivellat mitjançant les potes situades a les quatre cantonades de la part inferior de la màquina.

A partir d'aquí com que la majoria de components estan directament connectats a la controladora mach3, el calibratge es farà seguint acuradament les instruccions anotades en el document esmentat en el punt 5-01 (manual de la controladora Mach3).

### 5-05 Actuació en cas d'emergència

En cas d'emergència és necessari premer el pulsador d'emergència que incorporaran les instal·lacions de la màquina per aturar tot el funcionament, en el cas que fora necessari (per la perillositat del material a treballar) cal tenir un extintor, i un maletí de primers auxilis a menys de 2 metres de distància, si s'escau, en cas extrem, es pot desendollar la màquina directament per aturar completament el funcionament d'aquesta.

## 6. MANTENIMENT

### 6-01 Manteniment preventiu

Per el correcte funcionament de l'equip, es contempla una llista de tasques a realitzar amb la indicada periodicitat:

Diàriament:

- Comprovar que els finals de carrera funcionin tots correctament, que el pulsador d'emergència estigui preparat pel seu correcte funcionament i tenir l'àrea de treball el més net possible
- Anotar les possibles parades de cicle automàtic anotant la causa, per a un control estadístic que revelarà quan la màquina requereix una atenció especial de manteniment.

- Cal verificar que no hi ha sorolls o fuites de fluids que indicaran desgast excessiu, o que alguna part de l'equip té joc.
- Cal verificar que no hi ha cap punt amb acumulació de brutícia, sobretot en zones en contacte amb guies o mecanismes.

Mensual:

- Realitzar una neteja de l'equip, principalment a prop de guies o mecanismes susceptibles a la brutícia. Prendre atenció a no embrutar les guies al netejar la zona de treball.
- Observar l'equip en recerca de desgast, fuites o sorolls.

Trimestral:

- Engrassar les guies. Utilitzar greix en base de liti de qualitat estàndard.
- Engrassar fins que el greix surti lleugerament pels rascadors dels patins i/o dels rodaments.
- Lubricar lleugerament tots els cargols sense fi que incorpora la màquina.

## 6-02 Operacions de reglatge

S'indiquen a continuació les indicacions per al reglatge dels elements més crítics d'aquest equip:

Ajust de fi de carrera dels carros:

- Cal verificar que tots els elements que es desplacin mitjançant guies lineals, no col·lionin directament amb el sensor de final de carrera, és a dir que el carro topi amb l'element de frenada específic i no amb el sensor.
- Si no és així, regular la posició de l'element de frenada per un funcionament adequat.

Assegurar l'alineació dels patins guia i els seus rails corresponents:

- Cal verificar, mitjançant aparells de mesura, que les dues guies que incorpora cada element mòbil estiguin el màxim de paral·leles possible una de l'altre.
- Si no és així, es pot alinear aquests components, desplaçant els carros cap a un extrem de les guies, descollant un dels dos rails que incorpora el conjunt i amb la ajuda de una clau Allen fixar primer un cargol que subjecta un extrem (on estigui situat el carro), desplaçar el carro a l'altre extrem i collar els altres cargols, d'aquesta manera ajudarà a aconseguir el paral·lelisme entre guies. Per altre banda també cal ajustar amb la tolerància que tenen els cargols de fixació dels patins.

## 6-03 Peces de desgast

S'indiquen a continuació les indicacions per a la substitució dels elements més exposats al desgast o a la necessitat de reparació:

Substitució de les guies lineals:


- Afluixar la placa que subjectada del conjunt a les guies o patins.
- Extreure el carro de les guies i aixecar aquest.
- Afluixar les guies lineals i extreure-les.
- Cargolar les noves guies, cargolant fort només la guia llarga.
- Posar el carro cargolant fort els patins i verificant que aquests es recolzen bé en la guia mecanitzada del carro.
- Moure diverses vegades el carro i cargolar progressivament la segona guia.
- Tibar la placa que subjecta el conjunt.

## 7. DOCUMENTS ANNEXOS

Els següents documents llistats formen part d'aquest manual i han d'acompanyar sempre a l'equip:

- Plans de conjunt
- Certificats d'equips de mesura i control
- Esquema elèctric
- Manual de la controladora en qüestió

<http://www.vectric.com/products/cut3d/process.html>

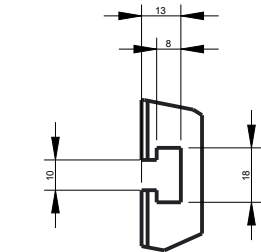
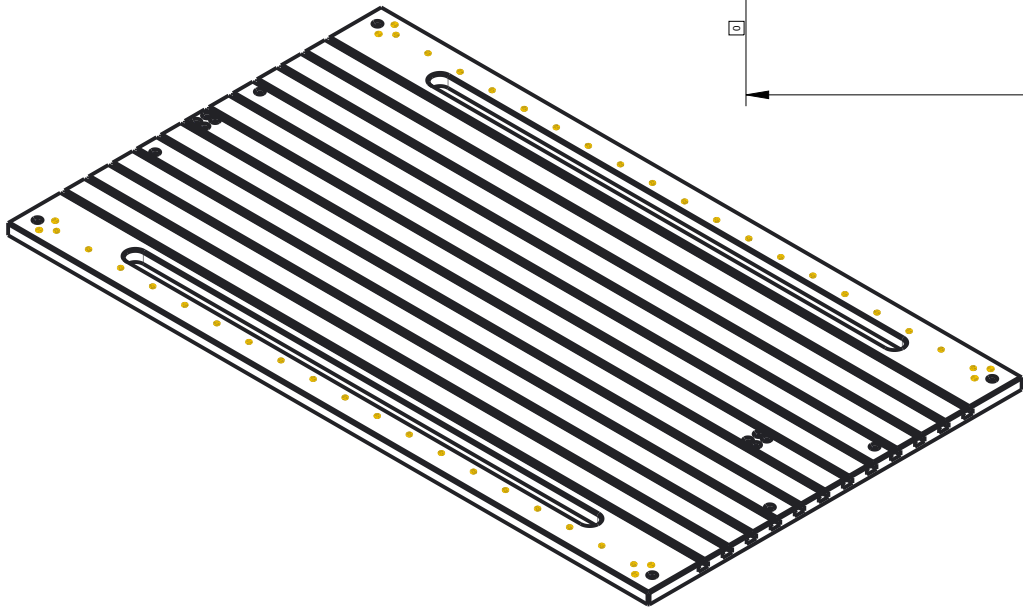
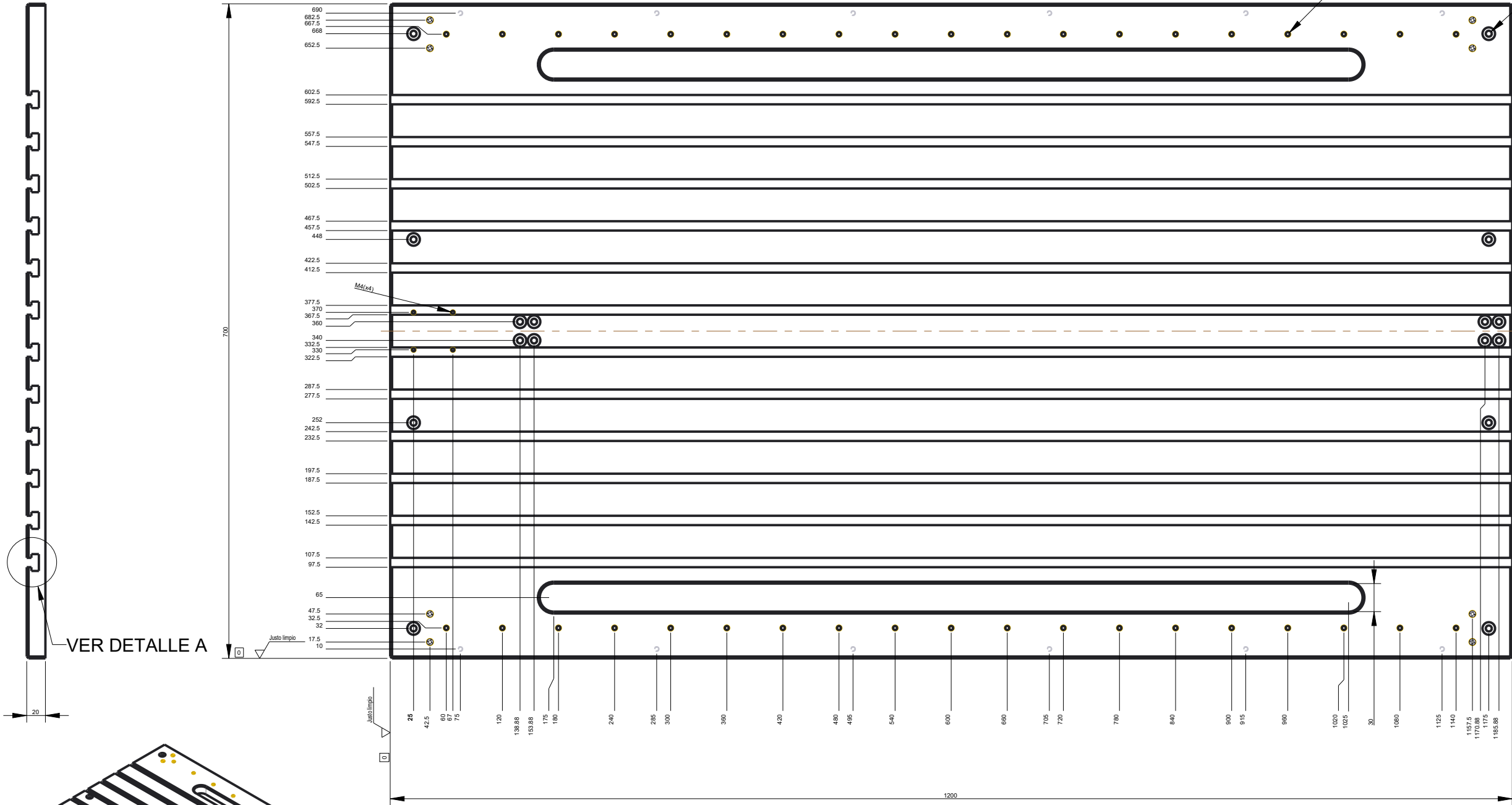
TOLERANCIAS GENERALES							NOMBRE	FECHA		
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (longitud corto)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO: COMPROV: APROVADO:	J.DEVESA	May-11-18		
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'					
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'					
	mas de 40 a 120	± 0.3	RADIO Y CHAFLANES	mas de 120	± 1°	MATERIAL: ACABADO: OBSERV:	F-1110 ( PERFILLERIA TUBULAR CUADRADA) RAL 9005			
	mas de 120 a 315	± 0.5		de 0.5 a 3	± 0.2					
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5					
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
Esc. 1/3 DIN A4					DENOMIN:	TUB ESTRUCTURAL				
<div>No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.</div> <div></div>					N° PLANO:	1006-100-01				Hoja 1/1
					Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.					



TOTS ELS FORATS ROSCATS HAN DE SER PASSANTS  
TOTS ELS FORATS ROSCATS HAN DE PORTAR HELICOIL  
REMATAR TOTES LES ARISTES VIVES AMB XAFLA DE 1 mm



LA TAULA ÉS TOTALMENT SIMÈTRICA

REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN		APROVADO
				FECHA

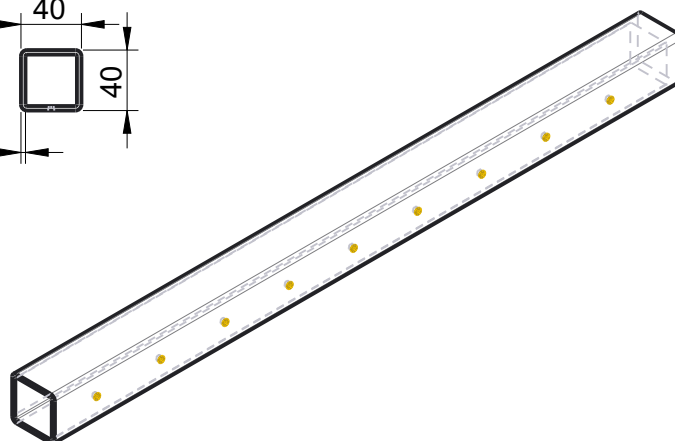
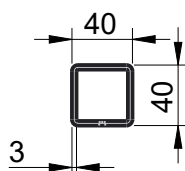
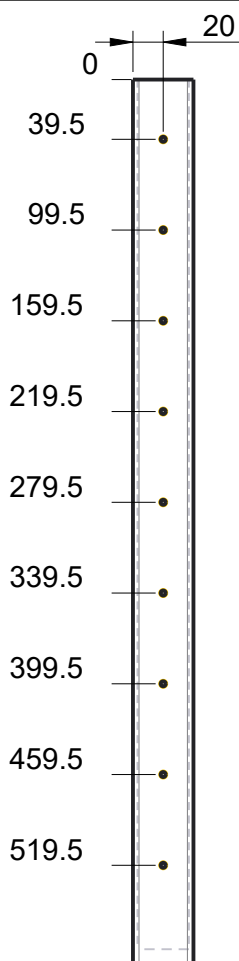



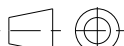
DETALLE A  
ESCALA 2/5

ESCALA 1/10

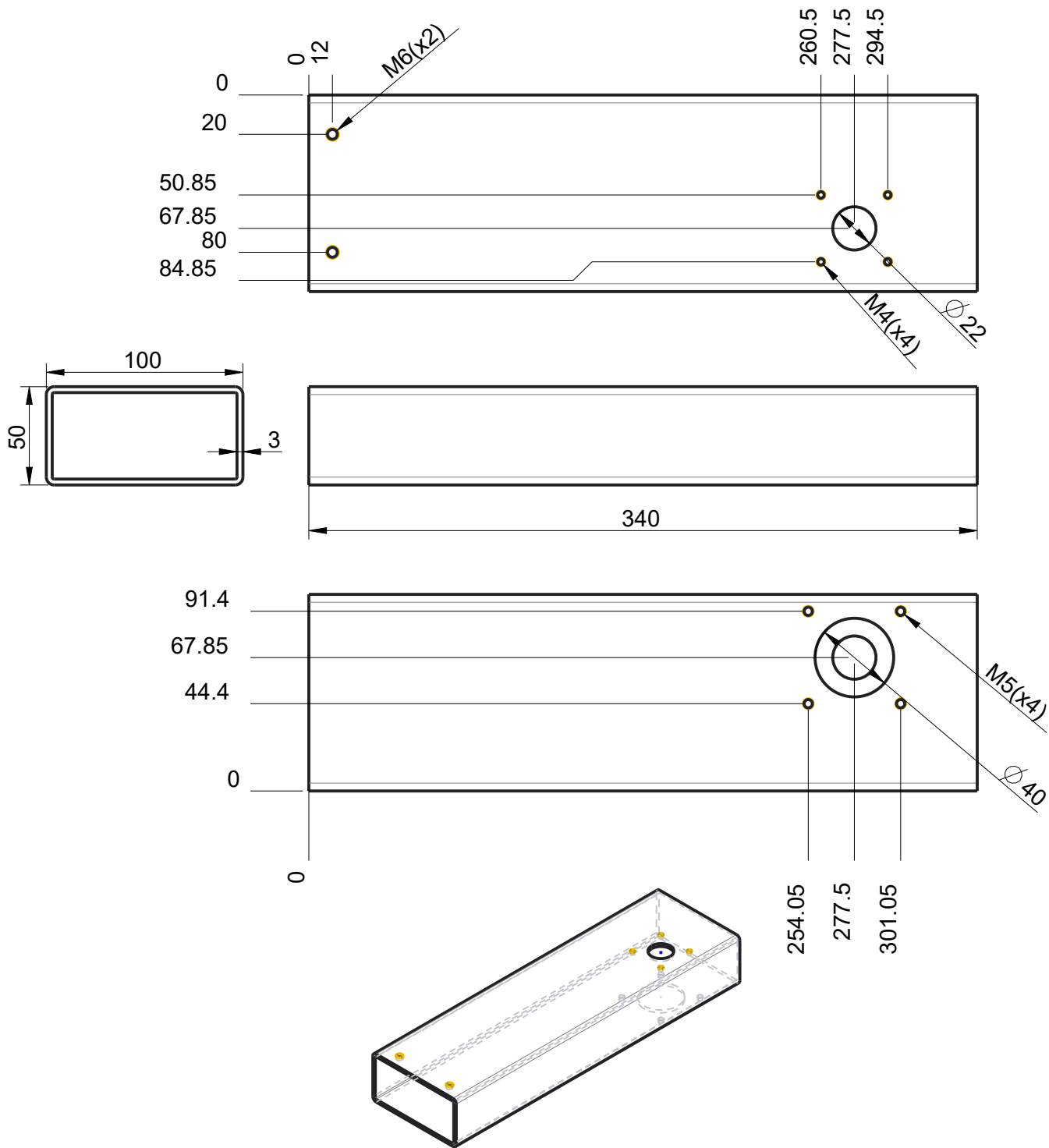
TOLERANCIAS GENERALES								NOMBRE		FECHA			
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3		± 0.05	TOL. ANGULAR (long. lado corto)	Hasta 10		± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA	May-11-18			
	mas de 3 a 20		± 0.1		mas de 10 a 50		± 20'	COMPROV:					
	mas de 20 a 40		± 0.2		mas de 50 a 120		± 30'	APROVADO:					
	mas de 40 a 120		± 0.3	RADIO Y CHAPLANES	mas de 120		± 1°	MATERIAL:	ALUMINI RECTIFICAT				
	mas de 120 a 315		± 0.5		de 0.5 a 3		± 0.2	ACABADO:	ANODITZAT 5-7 MICROMETRES				
mas de 315 a 1000		± 0.8	mas de 3 a 6		± 0.5	OBSERV:							
mas de 1000 a 2000		± 1.2		mas de 6 a 30		± 1							
Esc. 1/5 DIN A3							DENOMIN:		TAULA				
<div>No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.</div> 							Nº PLANO:		1006-000-04				
Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.													

REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN	APROVADO	FECHA







TOLERANCIAS GENERALES						NOMBRE	FECHA			
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (long.lado corto)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA			May-11-18
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'	COMPROV:				
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'	APROVADO:				
	mas de 40 a 120	± 0.3		mas de 120	± 1°	MATERIAL:	F-1110			
	mas de 120 a 315	± 0.5	RADIO Y CHAFLANES	de 0.5 a 3	± 0.2	ACABADO:	RAL 9005			
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5	OBSERV:				
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
	Esc. 1/5 DIN A4						DENOMIN:	SUPPORT PATINS		
<div>No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.</div> <div></div>						Nº PLANO:	1006-000-05			
						Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.				
						Hoja 1/1				

REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN	APROBADO	FECHA

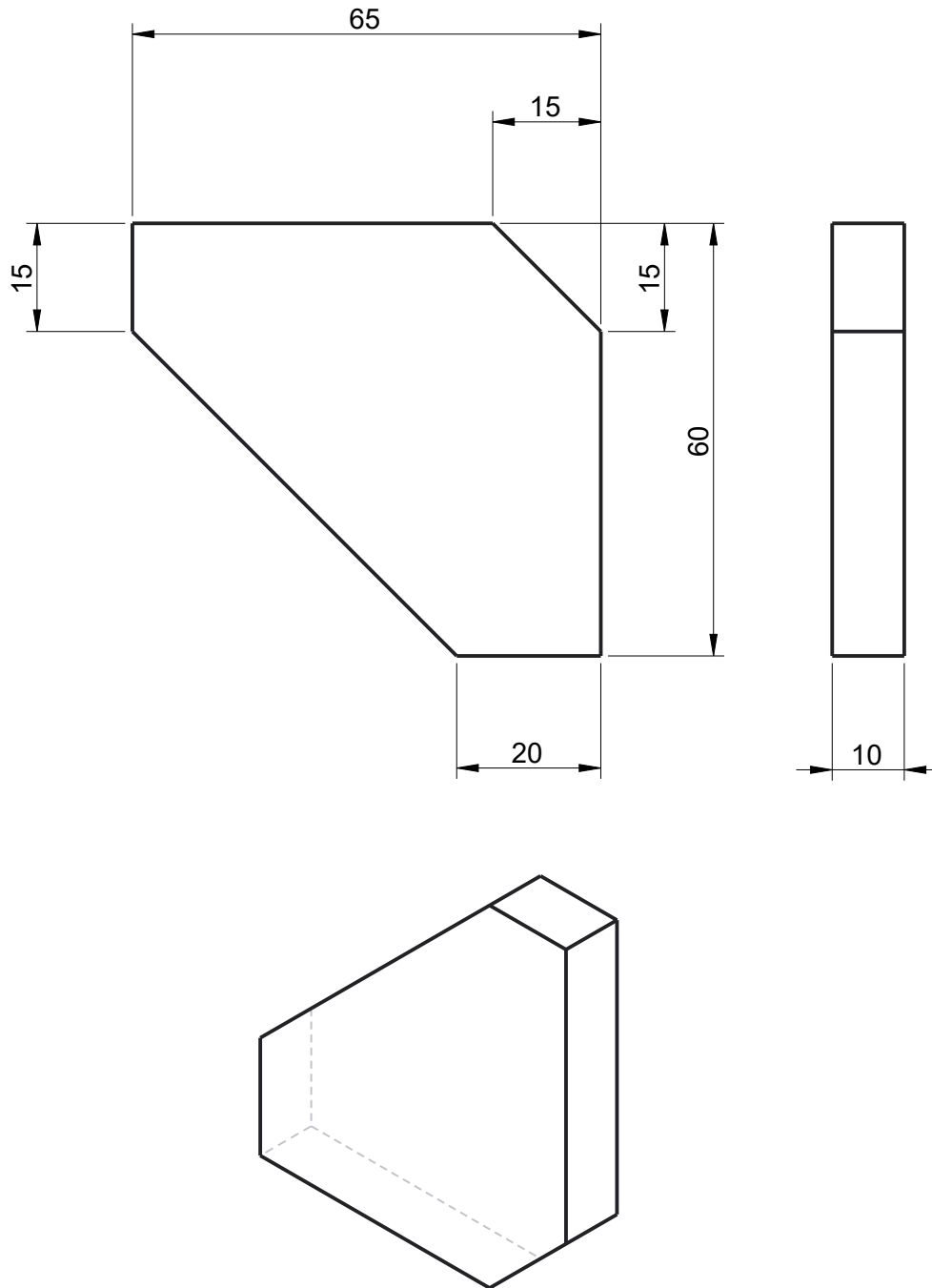




ESCALA 1/5

TOLERANCIAS GENERALES						NOMBRE	FECHA		
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (long. lado corto)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA		May-11-18
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'	COMPROV:			
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'	APROBADO:			
	mas de 40 a 120	± 0.3	RADIO Y CHAFLANES	mas de 120	± 1°	MATERIAL:	F-1110		
	mas de 120 a 315	± 0.5		de 0.5 a 3	± 0.2	ACABADO:	RAL 9005		
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5	OBSERV:			
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1				
Esc. 1/3 DIN A4						DENOMIN:	TUB ESTRUCTURAL 1		
No dejar aristas vivas salvo indicación expresa de lo contrario.			Nº PLANO:	1006-000-06		Hoja 1/1			
			Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.						

TOLERANCIAS GENERALES								NOMBRE	FECHA	
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (long.lado corte)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA	May-11-18		
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'	COMPROV:				
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'	APROVADO:				
	mas de 40 a 120	± 0.3		mas de 120	± 1°	MATERIAL:	F-1110			
	mas de 120 a 315	± 0.5	RADIOS Y CHAFLANES	de 0.5 a 3	± 0.2	ACABADO:	RAL 9005			
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5	OBSERV:				
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
Esc. 1/3 DIN A4						DENOMIN:	TUB ESTRUCTURAL 2			
No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.						Nº PLANO:	1006-000-14			
						Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.				
Hoja 1/1										

REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN	APROVADO	FECHA



TOLERANCIAS GENERALES						DIBUJADO:	NOMBRE	FECHA		
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (long. lado corto)	Hasta 10	± 10'					COMPROV:
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'					
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'					
	mas de 40 a 120	± 0.3		mas de 120	± 1°					
	mas de 120 a 315	± 0.5	RADIO Y CHAFLANES	de 0.5 a 3	± 0.2	MATERIAL:	F-1110			
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5			ACABADO:		RAL 9005
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
Esc. 1/1 DIN A4						DENOMIN:	NERVI PONT			
<div>No dejar aristas vivas salvo indicación expresa de lo contrario.</div> 						N° PLANO:	1006-000-18			
						Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.				
										Hoja 1/1

3.2

Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.

Technical drawing of a mechanical part, showing four views: front, top, side, and isometric.

**Front View:** A square plate with a width of 40 and a height of 55. It features four M6(x4) holes arranged in a 2x2 grid. The center-to-center distance between the holes is 20 (horizontal) and 20 (vertical). The distance from the bottom edge to the center of the bottom holes is 17.5. The distance from the left edge to the center of the left holes is 10. The distance from the right edge to the center of the right holes is 15.

**Top View:** A square plate with a width of 65 and a height of 65. It features a central circular hole with a diameter of  $\phi 40H7$ . The distance from the top edge to the center of the hole is 27. The distance from the left edge to the center of the hole is 27.5.

**Side View:** A rectangular plate with a width of 43.6 and a height of 4.6. It features a central circular hole with a diameter of  $\phi 40H7$ . The distance from the top edge to the center of the hole is 2.1. The distance from the bottom edge to the center of the hole is 2.1. The distance from the left edge to the center of the hole is 43.6. The distance from the right edge to the center of the hole is 43.6.

**Isometric View:** A 3D perspective view of the part, showing the front, top, and side faces. A blue line indicates the center of the circular hole.

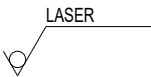
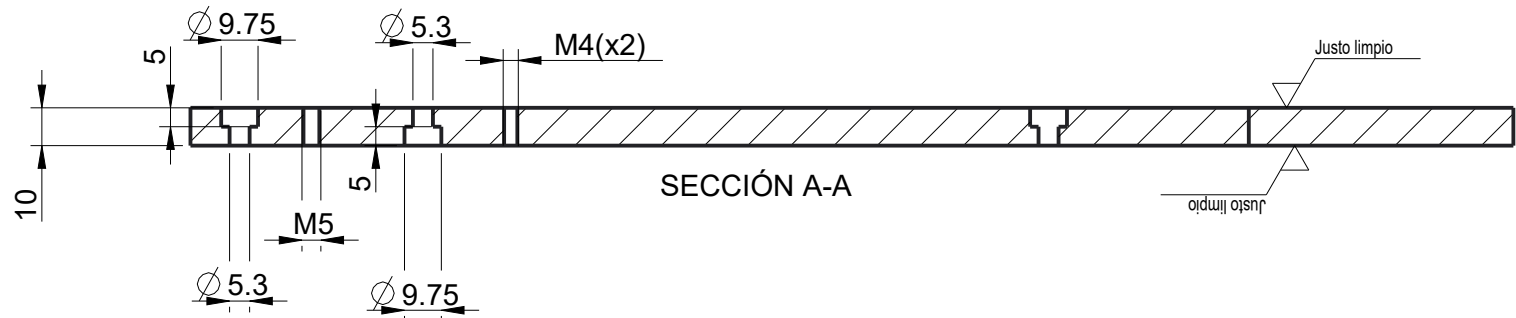
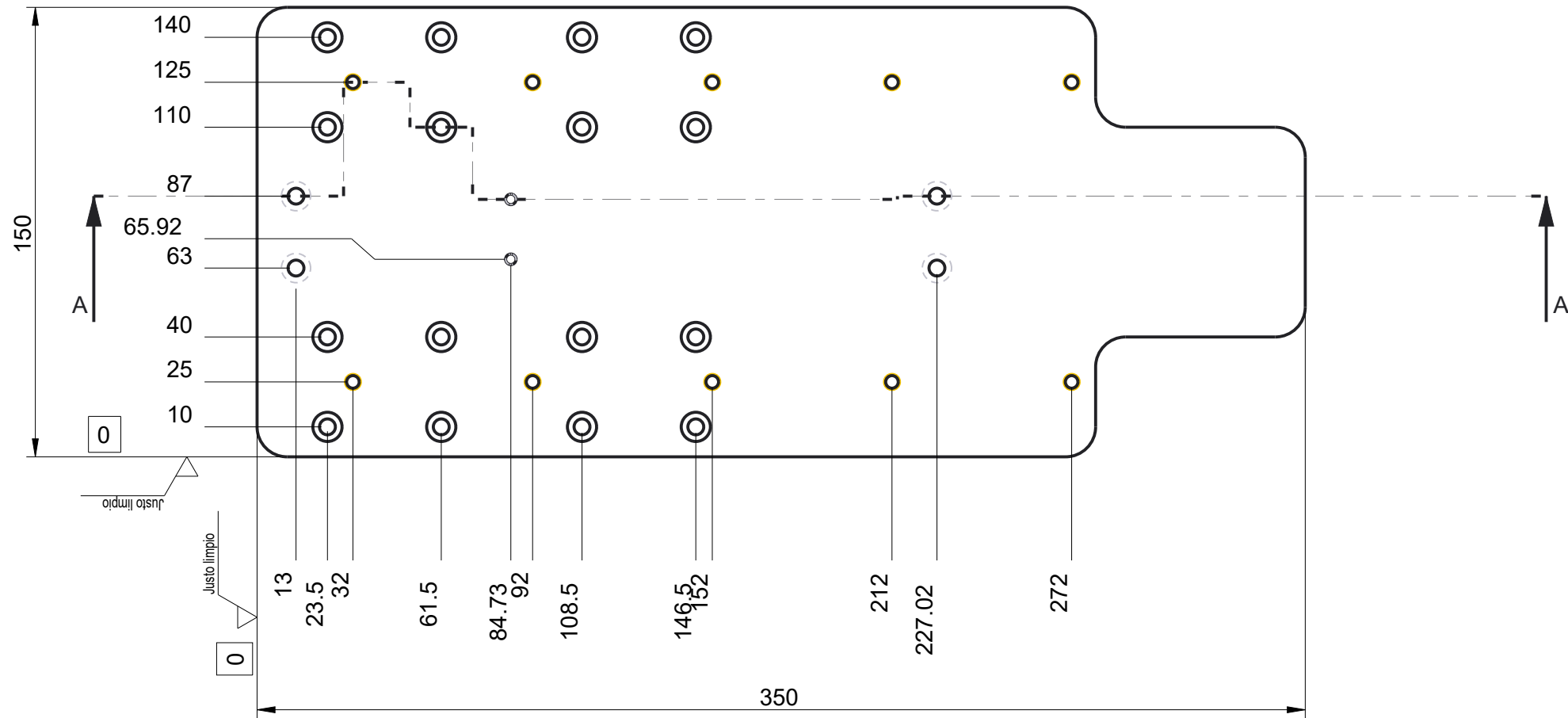
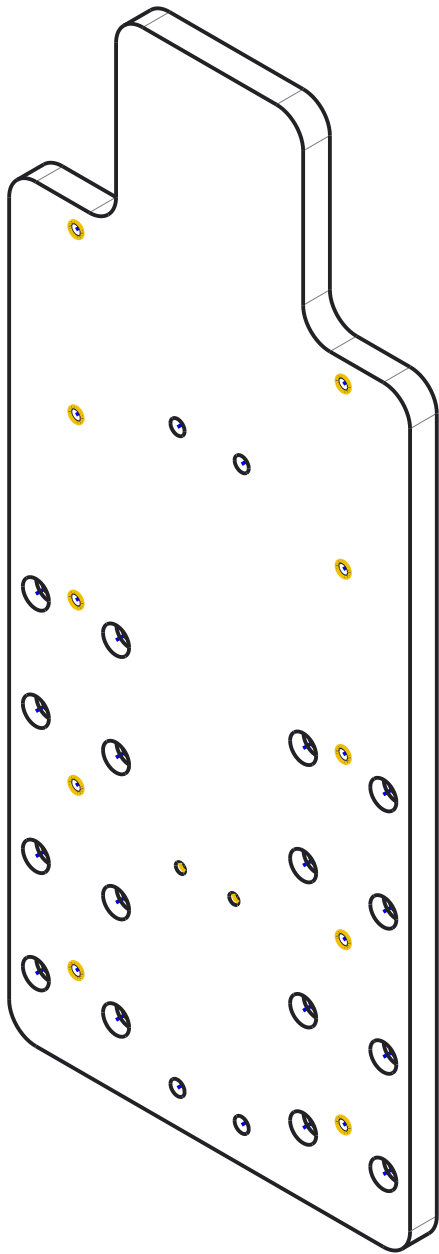
**SECTION A-A:** A cross-sectional view of the part, showing the internal structure. The width is 43.6 and the height is 4.6. The distance from the top edge to the center of the hole is 2.1. The distance from the bottom edge to the center of the hole is 2.1. The distance from the left edge to the center of the hole is 43.6. The distance from the right edge to the center of the hole is 43.6.


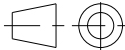
Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.



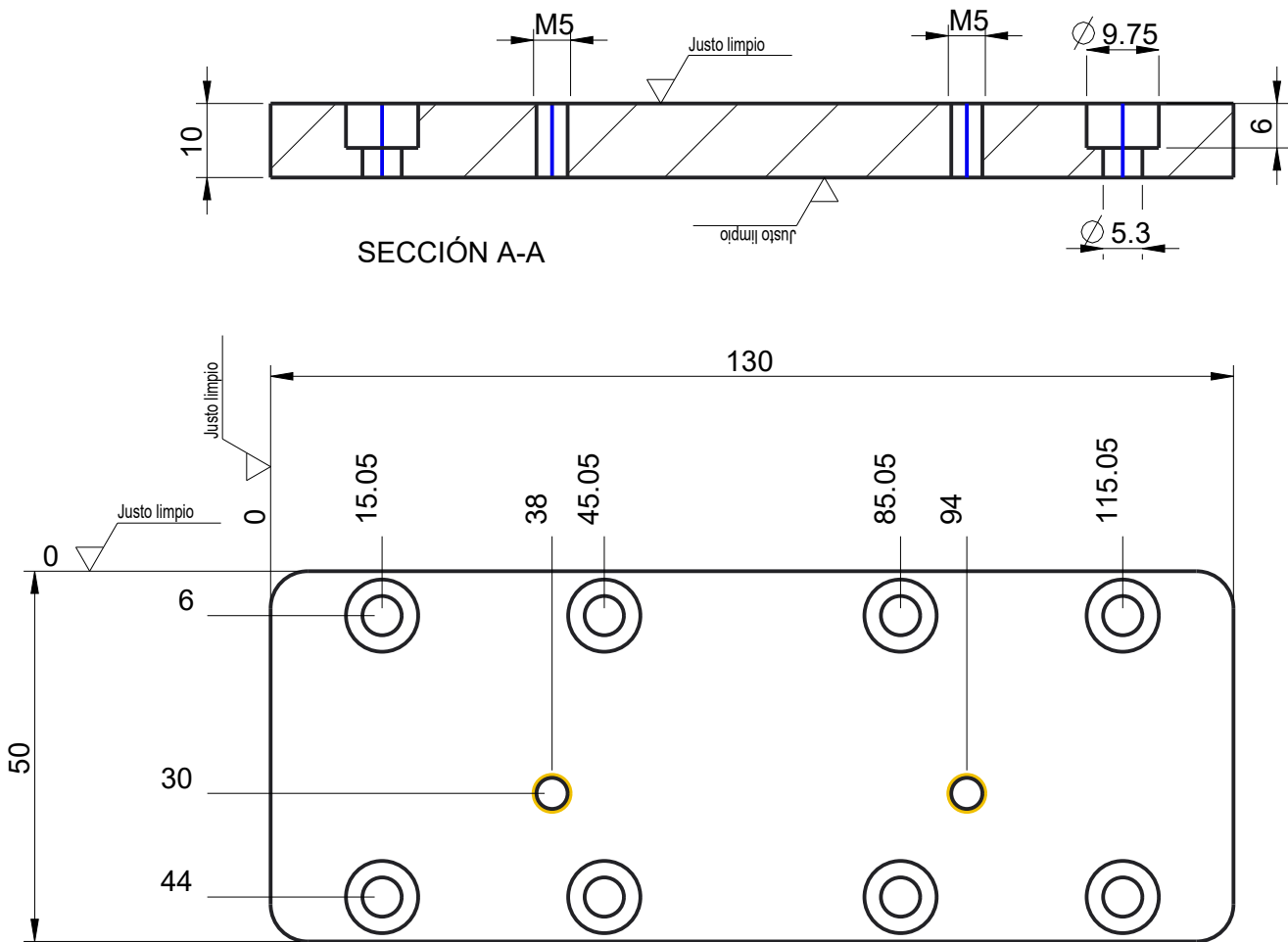


REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN	APROVADO	FECHA





TOLERANCIAS GENERALES							NOMBRE	FECHA		
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (long. lado corto)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA	May-11-18		
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'	COMPROV:				
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'	APROVADO:				
	mas de 40 a 120	± 0.3	RADIOS Y CHAPLANES	mas de 120	± 1°	MATERIAL:	F-1110	PAVONAT		
	mas de 120 a 315	± 0.5		de 0.5 a 3	± 0.2	ACABADO:				
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5	OBSERV:				
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
Esc. 1/2 DIN A3						DENOMIN:	BASE 1			
<div>No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.</div> 						Nº PLANO:	1006-000-16			Hoja 1/1
						Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.				

REGISTRO DE MODIFICACIONES				
MARCA	MOD.	DESCRIPCIÓN	APROVADO	FECHA



3.2

TOLERANCIAS GENERALES						NOMBRE		FECHA		
TOL. LINEALES Y CILINDRICAS	de 0.5 a 3	± 0.05	TOL. ANGULAR (longitudo corto)	Hasta 10	± 10'	DIBUJADO:	J.DEVESA	May-11-18		
	mas de 3 a 20	± 0.1		mas de 10 a 50	± 20'	COMPROV:				
	mas de 20 a 40	± 0.2		mas de 50 a 120	± 30'	APROVADO:				
	mas de 40 a 120	± 0.3	RADIO Y CHAFLANES	mas de 120	± 1°	MATERIAL:	F-1110			
	mas de 120 a 315	± 0.5		de 0.5 a 3	± 0.2	ACABADO:	PAVONAT			
	mas de 315 a 1000	± 0.8		mas de 3 a 6	± 0.5	OBSERV:				
	mas de 1000 a 2000	± 1.2		mas de 6 a 30	± 1					
Esc. 1/1 DIN A4						DENOMIN:	BASE 2			
<div>No dejar aristas vivas salvo indicacion expresa de lo contrario.</div> <div></div>						Nº PLANO:	1006-000-24			
						Este plano no puede ser reproducido sin autorización de INGIMEC Ingeniería, S.L.				
Hoja 1/1										



